



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DEL PERÚ

Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial

Tesis

**“Propuesta para Industrialización de  
Residuos Sólidos en forma de Pellets  
Energéticos producidos por fabricación  
de muebles de madera en empresa  
Mueblerías ALEXIS S.R.L. Arequipa,  
Perú”**

Autor  
**Mayely Rosa Fuentes Charcas**

Para obtener el Título Profesional de  
**Ingeniero Industrial**

Asesor:  
Ing. Gerardo Sotelo Bueno

Arequipa, noviembre del 2019

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mi familia que con su apoyo moral siempre estuvo guiándome, a la persona que siempre creyó en mí a por sus consejos y las lecciones que siempre me inculcaba para ser cada día mejor. Y no olvidar a mis amigos gracias a ellos por siempre confiar en mí.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial, por sus enseñanzas, por ser mi guía en mi vida universitaria y por dedicar su vida a dar al país profesionales que contribuyan con el desarrollo de nuestra ciudad y del país.

## **RESUMEN**

El presente trabajo brinda la propuesta para Industrialización de Residuos Sólidos en forma de Pellets Energéticos producidos por fabricación de muebles de madera en empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. en la ciudad de Arequipa.

Este proyecto está orientado a la producción de pellets energéticos elaborados a base de aserrín y retazos de madera que son generados por la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., gracias a los procesos productivos de muebles que sigue la empresa y a la demanda que se tiene ya que se fabrica a pedido donde se obtiene un 40% de residuos sólidos. Estos residuos en algunas ocasiones son comercializados a pequeñas panaderías aledañas al taller, estos residuos llegan a estar aglomerados en algunas zonas de la empresa las cuales pueden producir incendios, por tal motivo se propone reutilizar estos desechos y convertirlos en pellets energéticos que ayudaran a reducir la cantidad de aserrín amontonado y dar un producto que puede ser utilizado en la misma empresa, otras industrias o brindar como apoyo a las zonas altas del país para generar calor.

Se realizó una investigación aplicada descriptiva no experimental, investigando en la empresa los porcentajes de residuos que se generan por cada proceso, también se realizó una propuesta del proceso productivo a utilizar para la elaboración de los pellets y las normas utilizadas para obtener un producto de calidad.

En cuanto a la producción se espera obtener una cantidad de 175.25 kg a la semana, 175.25 kilogramos al mes y 9113 kilogramos por año, el área de trabajo será de 12 metros cuadrados solo para la máquina peletizadora. Para la mano de obra a utilizar se propone trabajar con los obreros de la organización, ya que la elaboración de pellets energéticos será semanal, esto evitará contratar mano de obra extra. En la producción de pellets energéticos no se utilizará la capacidad total de la planta, se sugiere la búsqueda de proveedores de materia prima

Entonces, se obtiene que se cuenta con las condiciones favorables para que la propuesta expuesta sea recomendable no solo en una empresa sino en toda la ciudad de Arequipa.

Palabras clave: Industrialización, Pellets energéticos.

## **ABSTRACT**

The present work offers the proposal for Industrialization of Solid Waste in the form of Energy Pellets produced by wood furniture manufacturing in company Mueblerías "ALEXIS" S.R.L. in the city of Arequipa.

This project is oriented to the production of energy pellets made from sawdust and pieces of wood that are generated by the company Mueblerías "ALEXIS" SRL, thanks to the production processes of furniture that the company follows and to the demand, the production is by order where you get 40% solid waste. This waste is sometimes sold to small bakeries near to the workshop, and always this waste becomes agglomerated in some areas of the company, which can cause fires, for this reason it is proposed to reuse these wastes and turn them into energy pellets that help reduce the amount of sawdust piled up, and obtain a product that can be used in the same company, other industries or provide as support to the high areas of the country to use to generate heat.

An applied non-experimental descriptive research was carried out, investigating in the company the percentages of waste generated by each process, a proposal was also made of the production process to be used for the preparation of the pellets and the standards used to obtain a quality product.

As for producción, it is expected to obtain an amount of 175.25 kg per week, 701 kg per month and 9113 kg per year, the work area will be 12 square meters. For the workforce to

be used is proposed to work with the workers of the organization, since the production of energy pellets will be weekly, this will avoid hiring extra labor. In the production of pellets, the total capacity of the plant will not be used, it is suggested to look for suppliers of raw material

Then, it is obtained that the favorable conditions are available so that the exposed proposal is recommendable not only in a company but in the entire city of Arequipa.

Keywords: Industrialization, energy pellet

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1 .....	1
GENERALIDADES .....	1
1.1. Planteamiento del Problema y pregunta de investigación.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. General .....	3
1.2.2. Específicos.....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Análisis de las variables.....	4
1.6. Alcances .....	5
1.7. Limitaciones .....	5
CAPITULO 2.....	7
FUNDEMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1. Estado del Arte.....	7
2.2. Marco Teórico y Conceptual.....	13
2.2.1. Residuos.....	14
2.2.2. Residuos Sólidos .....	14
2.2.3. Residuos sólidos producidos por la fabricación de muebles de madera	14
2.2.4. Industrialización de Residuos Solidos .....	15
2.2.5. Industrialización de los residuos sólidos producidos por fabricación de muebles de madera.....	15
2.2.6. Pellets.....	16
2.2.7. Briquetas .....	16
2.2.8. Pellets de Madera .....	16
2.2.9. Lignina .....	17
2.2.10. Producción de Pellets en el Mundo .....	17
2.2.11. Composición de los Pellets de Madera.....	20
2.2.12. Comparación con otros combustibles .....	21



2.2.13. Ventajas de Pellet de Madera.....	21
2.2.14. Norma de Calidad de Pellet .....	21
2.2.15. Proceso de Producción de Pellets de Aserrín y Viruta.....	22
2.2.17. Análisis de Maquinaria .....	25
2.2.18. Tipos de sistema de peletizado.....	26
2.2.19. Método GUERCHET .....	27
2.2.19. Ley de conservación de la materia.....	27
2.2.20. Método de los factores ponderados .....	27
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>28</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>28</b>
3.1. Tipo de investigación .....	28
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>30</b>
<b>DESCRIPCION DE LA ORGANIZACIÓN Y DEL PROCESO PRODUCTIVO .....</b>	<b>30</b>
4.1. Análisis de la situación actual .....	30
4.2. Organigrama de la empresa .....	32
4.2.1. Áreas de trabajo y personal asignado.....	32
4.3. Actividades comerciales .....	32
4.3. Diagnóstico de la situación actual de la empresa .....	34
<b>CAPITULO 5.....</b>	<b>36</b>
5.1. Materia Prima.....	36
5.2. Proceso de industrialización de los residuos sólidos de madera .....	38
5.2.1. Proceso de Producción para la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.....	38
5.2.2. Normativa por utilizar .....	40
5.2.3. Proceso utilizado para la producción de pellets .....	40
5.2.4. Diagrama de bloques del proceso productivo de pellets.....	41
5.2.5. Diagramas de Análisis del proceso y Diagrama de operaciones.....	41
5.3. Balance de materia.....	46
5.3.1. Secado de materia prima .....	47
5.3.2. Molienda de materia prima .....	48
5.3.3. Cantidad de producto terminado – pellets .....	49
5.4. Escenarios de producción .....	51
5.4.1. Producción de la empresa .....	52
5.4.2. Alianza estratégica con los proveedores .....	52
5.5. Localización de la Planta productores de Pellets.....	52
5.5.1. Distribución actual de la empresa .....	52

5.5.2. Distribución de la empresa con el proceso de peletizado .....	54
5.5.2.1. Superficie necesaria.....	54
5.5.3. Tecnología y Equipos .....	60
5.5.5. Disponibilidad de mano de obra .....	64
5.5.6. Demanda.....	65
5.5.7. Disponibilidad Materia Prima.....	65
5.5.8. Capacidad de producción instalada.....	65
5.5.9. Determinación de la cantidad de Aserrín .....	66
5.5.10. Reducción de riesgo de incendios.....	66
<b>CAPITULO 6.....</b>	<b>67</b>
<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>67</b>
6.1. Cantidad de pellets energéticos.....	67
6.2. Análisis de la Inversión para la Implementación de la Propuesta .....	68
6.2.1. Costo fijo de maquinaria:.....	68
6.2.2. Costos de Producción variables:.....	68
6.2.3. Costo de venta del producto .....	69
6.2.4. Retorno de inversión Caso 1 .....	71
6.2.4. Retorno de inversión – Caso 2 .....	74
6.3. Estudio de Mercado .....	75
6.3.1. Mercado de Pellets.....	75
6.4. Análisis sobre la eliminación de los riesgos de incendios.....	77
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aserrín y trozos de madera .....	15
Figura 2: Industrialización del aserrín y la viruta .....	16
Figura 3: Pellets de Aserrín .....	17
Figura 4: Consumo y Producción de Pellets de madera .....	18
Figura 5: Proceso de Secado de Materia Prima .....	23
Figura 6: Trituradora de Materia Prima .....	23
Figura 7: Proceso de Peletizado .....	24
Figura 8: Maquinaria para la Elaboración de Pellets .....	25
Figura 9: Tipos de Molinos .....	26
Figura 10: Organigrama de la empresa .....	32
Figura 11: Proceso de Fabricación de Muebles .....	34
Figura 12: Termómetro / Hidrómetro .....	37
Figura 13: Proceso Productivo de Pellets .....	41
Figura 14: DAP .....	43
Figura 15: DOP .....	45
Figura 16: Ecuación general – Balance de materia .....	47
Figura 17: Nivel de Humedad Materia Prima .....	47
Figura 18: Porcentaje de Materia Prima .....	48
Figura 19: Pellet Energético .....	51
Figura 20: Distribución actual Mueblerías "Alexis" S.R.L. ....	53
Figura 21: Distribución segundo nivel .....	54
Figura 22: Propuesta A .....	57
Figura 23: Propuesta B .....	57
Figura 24: Propuesta C .....	58
Figura 25: Propuesta final - primera planta .....	59
Figura 26: Segunda planta .....	60
Figura 27: Maqueta de Maquina Peletizadora .....	61
Figura 28: Peletizadora Industrial .....	62
Figura 29: Vista Frontal .....	63
Figura 30: Vista de Perfil .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de los Pellets.....	20
Tabla 2: Comparación con otros comentarios .....	21
Tabla 3: Personal de la empresa.....	32
Tabla 4: Cantidad de Materia Prima .....	37
Tabla 5: comparación de tiempos de producción .....	42
Tabla 6: Tiempo estimado de Producción de Pellets .....	44
Tabla 7: Balance de Materia .....	46
Tabla 8: Densidad de la materia .....	49
Tabla 9: Descripción de Pellets .....	50
Tabla 10: Cantidad de Pellets / Kg.....	50
Tabla 11: Producción de Pellets por Periodo .....	51
Tabla 12: Área de Producción de Pellets.....	55
Tabla 13: Distribución maquinas .....	56
Tabla 14: Factor ponderado .....	58
Tabla 15: Disponibilidad de Mano de Obra .....	64
Tabla 16: Costo de Mano de Obra.....	64
Tabla 17: Producción de Pellets.....	65
Tabla 18: Cantidad de Pellets / Kg. / Semana .....	68
Tabla 19: Cotización de Maquinaria .....	68
Tabla 20: Inversión Total .....	68
Tabla 21: Costo de Producción por Mes / año .....	69
Tabla 22: Venta online.....	70
Tabla 23: Costo de Venta .....	70
Tabla 24: Ganancias venta de Pellets /Bolsa.....	70
Tabla 25: Ganancia de venta de pellets / bolsa.....	71
Tabla 26: Ingreso Neto .....	71
Tabla 27: VAN Y TIR.....	73
Tabla 28: Flujo de caja .....	74
Tabla 29: VAN y TIR .....	75

## **INTRODUCCIÓN**

En la ciudad de Arequipa existen empresas dedicadas a la fabricación de muebles de madera entre pequeñas, medianas y grandes empresas, y en cada proceso se genera una gran cantidad de residuos sólidos. Estos residuos son amontonados sin darles uso alguno ocupando un espacio en la empresa que puede ser utilizado, en algunos casos son vendidos a panaderías aledañas al taller o se botan a la basura.

En la actualidad el reciclaje de los residuos sólidos que se generan en diferentes industrias ha ido ganando terreno a nivel internacional y nacional. Entonces el uso de los residuos sólidos generados por la fabricación de muebles para elaborar subproductos que sean utilizados en otros procesos industriales como los pellets energéticos es una realidad como lo demuestran los antecedentes estudiados para la elaboración de este proyecto.

Por tal motivo, este trabajo propone dar un valor agregado a los desechos que genera la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. y elabore pellets energéticos hechos de aserrín y viruta teniendo en cuenta los estándares propuestos para la elaboración de los mismos, esto ayudara a reducir los residuos que se generen en sus procesos, logrando que la empresa de un valor a los residuos y obtenga ingresos extras. En la ciudad de Arequipa se utiliza derivados de madera como el carbón, leña, en las pollerías y panaderías, la idea es

reemplazar paulatinamente el uso de estos productos, ya que según la ley N°27308 Ley forestal y de fauna silvestre que regular y supervisar el uso sostenible y la conservación de los recursos forestales, prohíbe la tala indiscriminada de los árboles y la producción del carbón.

La industrialización de los residuos producto de la fabricación de muebles tiene como objetivo principal brindar una solución a la problemática de esta investigación que es el uso ineficiente de los residuos sólidos que genera la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.

También busca mermar la aglomeración de este material en la empresa evitando posibles problemas como incendios, así evitar el uso incorrecto de estos residuos colaborando con la reducción de la contaminación ambiental.

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. Planteamiento del Problema y pregunta de investigación**

A nivel internacional la producción de pellets a base de los residuos sólidos obtenidos de los aserraderos, empresas productoras de muebles y de los restos forestales, los proyectos estudiados tienen como fin principal como lo indican algunos documentos investigados preservar el medio ambiente [1].

Otro objetivo que persiguen es la búsqueda de un combustible renovable como lo vienen desarrollando los países de España y Argentina ya que existen empresas que elaboran pellets energéticos y los cuales son utilizados en la industria y a nivel doméstico [2].

En el Perú, de acuerdo al censo Industrial Manufacturero 2017, la industria de la madera registró una variación positiva de 46.2% en relación al año pasado, a consecuencia de la mayor demanda local proveniente de sectores como la minería y construcción [3], en el Perú se tiene un porcentaje de 96% de microempresas vinculadas a manejo forestal, primera transformación y segunda transformación de acuerdo a la industria de la madera en el Perú [4], en la industria de muebles la distribución de las Empresas de Manufactura de Madera el 77% se dedica a la fabricación de muebles mientras que el aserrío abarca el 14.5% y 8.5% primera

transformación [5] y [6]. Dentro de estas proporciones no se tiene un conocimiento adecuado del total de porcentaje de residuos sólidos que se generan en estas actividades [7]. En el Perú solo existen propuestas que ayuden en la eliminación de los residuos que se generan en la tala de árboles, en los aserraderos y en algunos casos en las mueblerías, de los cuales ninguno ha sido aplicado.

La preocupación que compone la aglomeración de desechos de madera, en las riberas de los ríos como es un ejemplo de la industria maderera ocasionando la tan temida contaminación ambiental y lo peor que estos desechos sean eliminados de manera inadecuada causando problemas entre los pobladores [8].

En Arequipa se encuentran 1083 empresas entre micro, pequeña y mediana-grandes de las cuales el 7.5%, dedicadas a la fabricación de mueble (Segunda transformación) [9] y [7]. De las cuales ninguna se dedica a darle un uso adecuado a los residuos sólidos que se obtienen de sus procesos. Por ende, uno de los fines del proyecto es trabajar en la reducción de la contaminación del medioambiente en la ciudad de Arequipa, esto lleva a buscar una forma de reutilizar estos materiales dándole un valor agregado industrializando a través de un proceso de peletizado donde el producto obtenido será utilizado como combustible en otras industrias o en la misma.

La empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., dedicada a la fabricación de muebles de madera que viene ejerciendo sus funciones desde el año 2012 a la actualidad, cuenta con un inconveniente en el manejo de los residuos sólidos en la línea de producción, ocupando un lugar innecesario en el área de producción generando problemas para un desplazamiento, posible riesgo de incendio por la acumulación de este subproducto y estos factores conllevarían a un aumento de costos para la empresa. La reducción de estos factores es posible si se reutilizan los residuos sólidos sobrantes de su línea de producción.



Entonces, el siguiente trabajo tiene como pregunta de investigación ¿En qué medida el proceso de industrializar los residuos sólidos de madera en forma de pellets energéticos va permitir generar mayor agregado y disminuir los riesgos de incendio?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

Realizar la propuesta de industrializar los residuos sólidos de madera en forma de pellets energéticos para permitir generar mayor valor agregado y disminuir los riesgos de incendios en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.

### **1.2.2. Específicos**

- Analizar la situación actual del proceso de peletizado de los residuos sólidos de madera producidos por la fabricación de muebles de madera.
- Proponer un proceso de peletizado para industrializar los residuos sólidos producidos por la fabricación de muebles de madera
- Generar mayor valor agregado y disminuir los riesgos de incendios por la acumulación de los residuos sólidos producidos por la fabricación de muebles de madera.

## **1.3. Justificación**

### **Relevancia Económica**

Las empresas en la actualidad vienen buscando ser más competitivas y enfocadas en una mejora continua, utilizan estrategias que las ayuden a lograr el éxito que estas necesitan.

La industrialización de los residuos sólidos generará la utilización de los desechos que se obtienen en la línea de producción, aprovechamiento de espacios en el área y es de gran apoyo en la disminución del impacto ambiental ya que la obtención de pellets colabora con la limpieza del medio ambiente.

### **Relevancia Social**

Este proyecto busca dar un uso adecuado a los residuos y la posible solución al mal manejo de los residuos sólidos dándoles un valor agregado a este material, dentro de la empresa para uso dentro de sus procesos, comercializándolas a otras industrias o brindándoles como apoyo en las zonas altas de la ciudad. Lo importante de este trabajo innovar en crear un producto con bastantes beneficios generado de residuos que son desechados sin darles un uso apropiado y encontrar sus beneficios apoyando a algunas comunidades.

### **Relevancia académica**

La siguiente investigación será de ayuda para otras investigaciones dedicadas al tema presentado, brindando información sobre el proceso de fabricación, comercialización o para ser reutilizadas en algún proceso de producción, y se podría implementar una empresa para la producción de pellets energéticos en Arequipa.

## **1.4. Hipótesis**

El desarrollo de industrializar los residuos sólidos de madera en forma de pellets energéticos va permitir generar mayores ingresos y la disminución de riesgos en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.

## **1.5. Análisis de las variables**

En el siguiente trabajo de investigación se define las siguientes variables: independiente y dependiente.

### **1.5.1. Variable Independiente**

La variable independiente es: Tratamiento de residuos sólidos de madera.

### **Definición Conceptual**

El tratamiento de residuos sólidos de madera, consiste en la transformación y elaboración de recursos a mayor cantidad mediante el uso de equipos operados

fuentes de energía para la obtención de un producto terminado como los pellets energéticos.

### **1.5.2. Variable Dependiente**

Las variables dependientes son:

- Generación de ingresos por peletización.
- Disminución de riesgos.
- Espacio de trabajo.

### **Definición Conceptual**

Generación de ingresos por peletización, la disminución de riesgos y el espacio de trabajo; son los factores que se analizarán para la fabricación de pellets energéticos. La empresa obtendrá ingresos extras, los riesgos se verán reducidos y se tendrá un espacio amplio en el taller.

## **1.6. Alcances**

El presente trabajo cuenta con los siguientes alcances para su desarrollo:

- El universo de investigación de este proyecto es la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., dedicada a la producción de muebles de madera generando residuos sólidos en sus líneas de producción.
- El estudio se realiza y es válido solo en la ciudad de Arequipa, ya que se contará con las restricciones específicas de este medio.
- Aunque el estudio incorpora elementos de diseño de áreas para la instalación de una máquina para la fabricación y comercialización de pellets, no se realizará la compra de la maquinaria ni se modificara las instalaciones de la empresa con la propuesta planteada en el trabajo.

## **1.7. Limitaciones**

El presente trabajo cuenta con las siguientes limitaciones para el desarrollo del mismo:

- Sólo se va a proponer un proceso que permita la reutilización de los residuos sólidos, con la industrialización de estos.
- Se limita a la propuesta de este proceso y la explicación detallada de las etapas del proceso productivo que se propondrá.
- Existen limitaciones iniciales para contar con la información y maquinaria necesaria para la elaboración de la propuesta, ya que el equipo para la elaboración de los pellets energéticos no se puede adquirir en el país.

## **CAPITULO 2**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1. Estado del Arte**

En algunos países como es el caso de Perú no se toma en cuenta los subproductos generados en la obtención de un producto terminado, produciendo acumulación de dichos residuos en el área de trabajo.

En la ciudad de Arequipa no se tiene antecedentes de empresas dedicadas a la industria de mueblería en madera que reutilicen los residuos que generan, ni mucho menos proyectos destinados a este fin y esto es lo que se pretende proponer en dicho sector.

**Conocimientos de propuestas y estudios de factibilidad en la industrialización de residuos en el sector de fabricación de muebles y el sector Maderero.**

- **Pre factibilidad Técnica Y Económica Para La Instalación De Una Planta De Pellets Para Combustibles A Partir De Desechos De Madera, ubicada en la Ciudad de Santiago, País de Chile.**

Rojas Valdivia, Ariel Manuel Universidad de Chile, Facultad De Ciencias Forestales, como requisito optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal, año 2004 [10].

Como indica el autor el uso de residuos sólidos en el país de Chile para la fabricación de pellets está abarcando un lugar importante en la economía de este país.

Entonces la instalación de una planta es la oportunidad para seguir aprovechando los desechos que en la actualidad son generados por la actividad forestal industrial y en algunos casos no es aprovechada.

La información propuesta en el trabajo de investigación ayudo para tener conocimiento de la importancia que está tomando la utilización de residuos sólidos en los países de América como es el caso de Chile.

A la actualidad, Chile cuenta con empresas dedicadas a la producción de pellets y briquetas utilizando los desechos que se generan de la actividad forestal industrial. Las empresas de Chile exportan a Europa y esto es un ingreso mas tanto para las empresas que producen los pellets como para las empresas que generan los desechos.

- **Soluciones medioambientales en carpintería y mueble**, Fuente: Confederación Española de Empresarios de la Madera, Confemadera, Octubre, 2009 [11].

El reciclaje sea en cualquier industria favorece a la población y medio ambiente, gracias a este artículo se logró conocer la reutilización de los residuos sólidos generados en la fabricación de muebles de madera.

Con este proceso esperan disminuir considerablemente los efectos que causan los residuos sobre el medio ambiente. Existen proyectos que en Europa que se dedican a velar por el cuidado del medio ambiente “El proyecto Reintegra”, aprobado en el marco del programa Life-Medio Ambiente de la Unión Europea, este proyecto apuesta sobre el sector español de la madera para su ajuste con el medioambiente. Este proyecto tiene una lista de objetivos donde su mayor preocupación es la reutilización de los residuos de madera producto de cada proceso industrial, entonces tener un proceso donde estos residuos sean utilizados teniendo en cuenta

que se podrían emplear para el mismo proceso en sí y que además disminuya la contaminación ambiental es un punto importante.

- **Pellets De Madera: Una Fuente De Energía Renovable, Argentina.**

Nojek Barbieri, Juan

Instituto tecnológico de Buenos Aires, Tesis de grado ene Ingeniera Industrial, Año 2009 [12].

En la tesis el autor expresa los beneficios que generan los productos bioenergéticos, cada capítulo está destinado a brindar información detallada de las características de los pellets, la industrialización paso a paso para la obtención de los pellets energéticos. Se realiza una comparación con los combustibles usados en la actualidad tanto como contaminantes como en costos de producción y venta. La creciente importancia del cuidado del medio ambiente a nivel mundial se demuestra en los mercados de pellets en el mundo y la creciente América.

- **Energía Limpia con Buen Futuro desarrollado, Ordóñez Jiménez, José Luis Periodista,** Publicación en la revista M&M de Colombia, Año 2010 [13].

Saber que el uso de los pellets es una realidad, como indica el artículo, en Europa la compra de este producto fue creciendo en los años 2006 al 2010. Empresas dedicadas a la elaboración de calefactores que utilizan los pellets para temporadas de temperatura baja, hace que la idea de elaborar pellets que pueden ser reemplazados en las zonas altas del Perú es una motivación y teniendo en cuenta que este material se bota y no se utiliza.

Durante los 10 últimos años la tendencia de producción y consumo ha venido aumentando, en el año 2010 la producción total fue de 14.3 millones de toneladas y el consumo fue de 13.5 millones de toneladas.

Un plus que se hace referencia en el artículo es que la producción está dirigida a los países europeos y los países del continente asiático como China y Japón pues estos son quienes requieren en cantidad. Los países de América ya empezaron a

producir a gran escala como ejemplo Brasil, Argentina, Chile y Canadá este país es uno de los países con mayor exportación.

- **Estudio De Factibilidad Para La Fabricación De Pellets De Madera A Partir De Un Subproducto De La Industria Maderera Peruana, ubicada en la Ciudad de Lima.**

Chang Chumpen, Alex Alonso; Del Águila Vela, Teddy Andy, Universidad San Martín de Porres, la Facultad De Ingeniería Y Arquitectura, Escuela Profesional De Ingeniería Industrial como requisito optar al Título de Ingeniero Industrial, año 2013 [14].

La falta de reutilización de algunos residuos que empresas dedicadas a la industria maderera en el Perú generan, la contaminación que estos producen al medio ambiente y los problemas de acumulación que se da en las áreas de producción, produciendo problemas en los equipos, posibles accidentes; lleva a la idea de la utilización de estos desperdicios con ejemplo el aserrín. Para los autores la problemática del poco o casi nada aprovechamiento de estos recursos es la falta de conocimiento, la poca inversión y el incumplimiento de las políticas medioambientales. Entonces la idea principal del trabajo de investigación es que los pellets a base de aserrín sean exportados como producto, donde el producto peruano se haga conocido en el continente europeo. Con la dedicación adecuada se podría empezar con crear un plan piloto en el país para que la producción de pellets sea una realidad en el País.

- **Estudio de planta piloto para peletización de residuos madereros y su utilización como combustible en hornos ladrilleros**

Gonzales Hassig, Andrés; García ubaque, Cesar; Talero Rojas Gabriel; Bogotá Colombia, Agosto 2013 [15].



Los autores basan sus trabajos de investigación en la sustitución del combustible usado en la actualidad en los hornos ladrilleros con el uso de biomasa peletizada ya que con este proceso se genera mayor energía.

Se hace una revisión de los procesos que existen para el tratamiento de la biomasa donde los autores ya que uno de los objetivos del trabajo es realizar la medición del valor energético de la biomasa peletizada y el beneficio que brinda al medio ambiente.

- **Diseño De Proceso Y De Planta Piloto Para Fabricación De Briquetas De Aserrín, ubicada en la Ciudad de Piura.**

García Alama, Marcos Eduardo, Universidad de Piura Facultad De Ingeniería, Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas como requisito optar al Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas, Enero 2014 [16].

La existencia de una investigación y de la implementación de una planta piloto para la fabricación de BRIQUETAS en la Ciudad de Piura ayuda a crear un plan para la implementación de una planta piloto en la ciudad de Arequipa y tener como mercado directo las panaderías, pollerías para la venta del producto, tal como describe el trabajo de investigación.

El autor con la necesidad de utilizar los desechos generados por las actividades de la empresa “Maderera del Norte” implementó un plan para instalar una planta productora de briquetas, esta empresa se dedica a la fabricación de pallets (parihuelas). La empresa “Maderera del Norte”, se dedicó a la producción de BRIQUETAS teniendo como fin principal la reducción de la tala ilegal de los bosques de algarrobo.

- **Aprovechamiento De Los Residuos De La Madera Y Su Posible Reutilización En Fabricación De Biomasa Generada En Bogotá,**

Canastero Ríos, Rubén Darío, Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad Tecnológica Ingeniería De Producción, Bogotá 2014 [17].

En la investigación se preocupa por la reducción de la contaminación y teniendo como fin principal fin reemplazar los combustibles fósiles, como ejemplo el carbón vegetal que está prohibido, pero aun así es utilizado por la población.

Un ejemplo para el autor es la ciudad de Sogamoso en Colombia, esta ciudad está altamente contaminada y el objetivo de este trabajo es reducir dicha contaminación con el uso de los pellets. Hay que tener en cuenta que la demanda de muebles de madera en el país de Colombia comprende el 26% en todo el país y esto causa una valiosa cantidad de residuos sólidos, el autor dirige su investigación a reutilizar y convertir los residuos sólidos en biomasa y obtener los pellets que serían utilizados en diferentes industrias que utilizan los combustibles fósiles.

**Por otro lado, en la página web Yale Environment 360, publico un artículo:**

- **Wood Pellets: Green Energy or New Source of CO2 Emissions**, Por Roger Drouin, Enero 2015 [18]

El otro lado de la moneda es que la demanda de los pellets va creciendo día tras día y la producción de pellets hechos de residuos no abastece, el artículo nos indica que este proceso está utilizando como materia prima los bosques de Estados Unidos, entonces la tala indiscriminada y la protección del medio ambiente se ha roto, ya que las ganancias que se tiene pueden más que lo que nació como una ayuda a disminuir la contaminación ambiental. Otro punto que se tiene que analizar es que para el autor la quema de biomasa de pellets de madera es más perjudicial para el medio ambiente en comparación con otras.

- **Usos del pellet como combustible** - Maderas Doñana, S.L., Enero 2017 [19].

Existen variedad de tiendas por internet dedicadas a la venta de pellets, esto apoya a la idea de la creación de una página web con el producto que se podría obtener de la idea de la investigación uno de tantos ejemplos es la empresa Maderas Doñana, S.L., dedicada a la producción y venta de Pellets en España, que en el año 2017 publicó un artículo en su página web denominado Usos del pellet como

combustible, en este documento la empresa dedica un espacio para explicar los usos que tiene los Pellets como combustible. Se puede resaltar la variedad de usos que se le puede dar a los pellets en nuestra ciudad, uno de ellos puede ser el uso en los hornos (en la industria alimentaria).

En los países de Estados Unidos y Reino Unido existe una gran variedad de empresas dedicadas a la producción, promoción y venta de pellets. Cada empresa cuenta con blog dedicados a brindar información de este producto.

En la página web de la empresa WoodPellets.com, también dedicada a la venta de pellets en el país de Estados Unidos. Ofrece una variedad de artículos dedicados a los beneficios que brinda el uso de los pellets, las propiedades que estos tienen en comparación de los combustibles fósiles.

- **Estudio de la influencia del porcentaje de arcilla en la calidad de las briquetas de hojas de caña de azúcar mediante ensayos físicos y térmicos.**

Vicente Vargas, Jan; Pontificia Universidad Católica del Perú; Facultad de Ciencias e Ingeniería; Lima, Enero 2017 [20].

El autor destaca los resultados de los análisis realizados a la hoja de caña de azúcar como biomasa energética la cual fue utilizada para elaboración de briquetas temiendo como aglutinante la arcilla. El trabajo se divide en dos partes, se tiene la descripción de las técnicas que se utilizan para la densificación y la siguiente es la descripción experimental detallada de la elaboración de briquetas buscando la calidad del producto con el uso de la arcilla.

## **2.2. Marco Teórico y Conceptual**

La industria para la fabricación de muebles ha evolucionado a grandes pasos cada vez se trata de sistematizar o automatizar los procesos que intervienen y de dar un valor agregado a los subproductos generados para la obtención de un producto final [21].

A nivel mundial se conoce de empresas que están dedicadas a la reutilización de estos residuos y convertirlos en productos que den un beneficio a las personas y al medio ambiente. Con elaboración de Calefactores utilizando productos hechos a base de los residuos de la madera (PELLETS ENERGETICOS) [18].

### **2.2.1. Residuos**

Son los materiales que se obtienen de algún proceso o etapa ya sea de producción, extracción. Estos desechos pueden ser sólidos y líquidos, pueden ser corrosivos o sin daño para la salud [22].

### **2.2.2. Residuos Sólidos**

Son los restos que pueden separar algunas empresas, las cuales se pueden dividir según la actividad que la empresa realiza o a los procesos que se realizan. Algunos son reciclados para volver a utilizarlos en algún otro proceso [10].

### **2.2.3. Residuos sólidos producidos por la fabricación de muebles de madera**

Una vez que la madera ha sido procesada en la primera fase que es la actividad forestal, esta llega a las empresas dedicadas a la fabricación de muebles o también conocido como el procesamiento secundario, donde la madera pasa por diferentes procesos de acuerdo con los productos que se requieran o se estén fabricando [14] y [16]. La fabricación de cualquier mueble de madera incluye: toma de medidas, el corte, el limado, armado y corte, en cada uno de estos procesos se crean determinados desechos o subproductos, como aserrín y pedazos de madera (astillas, virutas). Como se muestra en la Figura N° 1 que viene a ser la materia prima.

**Figura 1: Aserrín y trozos de madera**



**Fuente:** *Tratamientos De Residuos Forestales*

#### **2.2.4. Industrialización de Residuos Solidos**

Es el proceso donde se maneja completamente los residuos sólidos por medio de un proceso separado obtiene un subproducto de estos, este proceso traerá beneficios al medio ambiente, a la empresa ya que será un ingreso extra y la aprobación social ya que se reducirá los residuos de las empresas [16] y [17].

#### **2.2.5. Industrialización de los residuos sólidos producidos por fabricación de muebles de madera**

En la actualidad se reutiliza los subproductos generados en los procesos productivos de fabricación de muebles de Madera para la creación de PELLETS los cuales son comprimidos de aserrín utilizados para la generación de energía calorífica, como reemplazo del carbón en algunos casos debido a su poder energético y los beneficios que brinda al medio ambiente [23]. En la Figura N°2 se puede observar de la transformación que sufre el aserrín para obtener los pellets energéticos.

**Figura 2: Industrialización del aserrín y la viruta**



**Fuente:** Recuperado de [pelletmills.en.alibaba.com](http://pelletmills.en.alibaba.com)

#### **2.2.6. Pellets**

Comprimido de cualquier material residual de forma redondeada, de tamaño pequeño formados por un proceso de extrusión son de baja humedad y tienen valiosa densidad, este producto es utilizado por diferentes industrias [8].

#### **2.2.7. Briquetas**

Son cortezas de biomasa de productos residuales, fabricada por diversas materias compactados, su característica es de alta densidad tiene diferentes formas (ladrillo) y dimensiones, son un combustible muy utilizado en diferentes industrias [20].

#### **2.2.8. Pellets de Madera**

Los pellets son comprimidos hechos a partir de residuos de la madera (aserrín, viruta, trozos de madera) estos comprimidos tienen forma cilíndrica y sus dimensiones son variadas (6 a 12 mm de diámetro y entre unos 10 a 30 mm de largo). Los procesos de obtención pueden ser por extrusión, compresión o adhesión [24] . Se observa en la siguiente Figura N°3 como los procesos convierten los residuos en un material útil para la persona.

**Figura 3: Pellets de Aserrín**



**Fuente:** R. D. Canastero Ríos, «Aprovechamiento De Los Residuos De La Madera Y Su Posible Reutilización En Fabricación De Biomasa Generada En Bogotá,»

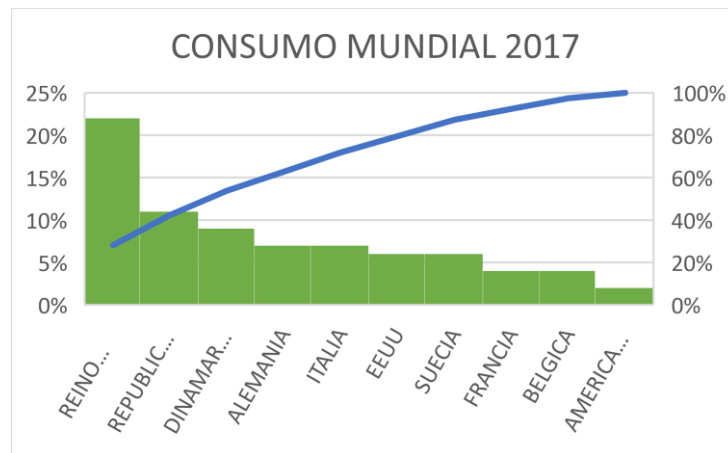
#### **2.2.9. Lignina**

Es un polímero amorfo que funciona como un material termoplástico donde se da una pseudotransición térmica en un rango muy amplio de temperatura, esto depende del método de extrusión, el nivel de humedad y el tratamiento térmico [14].

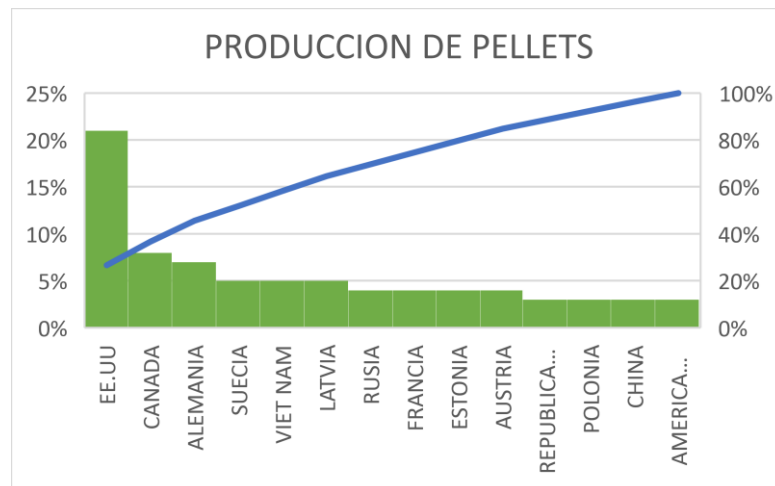
#### **2.2.10. Producción de Pellets en el Mundo**

Alrededor del mundo la producción de pellets y su ingreso a los mercados han venido creciendo, ya esta es una alternativa para generar energía, teniendo en cuenta que es obtenido de los residuos que se generan de algunos procesos productivos en las empresas. Un sector que provee mayor cantidad de residuos es el sector forestal [9]. En la Figura N°4, se observa las estadísticas de consumo mundial, donde Europa (Reino Unido) es el mayor consumidor hasta el año 2017 [25].

**Figura 4: Consumo y Producción de Pellets de madera**



**Fuente:** “Principales consumidores de productos forestales,» 2017



**Fuente:** “Principales consumidores de productos forestales,» 2017

Al presente, existen países que ya tienen empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de pellets de madera

#### **a. Suecia**

Suecia tuvo una capacidad de producción para el año 2001 de aproximadamente 1 millón de toneladas de pellets por año. Según la información proveniente de la industria, este país tiene materia disponible para realizar la fabricación de pellets un aproximado de 1.000.000 de toneladas por año [18].



#### **b. Noruega**

“La producción total de pellets en el año 1998 en Noruega fue de alrededor de 10.000 toneladas. Las estimaciones para el año 1999 fueron de 20.000 toneladas, de las cuales 11.000 toneladas fueron exportadas a Suecia” [18].

#### **c. Alemania**

La producción de pellets en el país de Alemania tuvo sus inicios en el año 1998. Para el año 2000 ya tenía instaladas seis empresas productoras, el uso que se le da es para el uso en la calefacción de los hogares [18].

#### **d. Austria**

Para los 90s ya existían doce compañías productoras de pellets, se conoce que existe gran cantidad de residuos que son generados de los raleos que podrían ser utilizados para esta actividad [18].

#### **e. Canadá y Estados Unidos**

En Estados Unidos y Canadá, se localizan una gran parte de plantas procesadoras de pellets, en estos países la industria de los pellets es autosuficiente ya que existe empresas que se trabajan únicamente a la producción de pellets y otras que se dedican al proceso productivo de la madera y utilizan sus residuos para la producción de pellets [18].

#### **f. Chile**

La industria de pellets se encuentra en este país desde el año 1987 con la empresa “Andes Bio Pellets”, la cual invirtió más de 100 millones de dólares en su implementación, se posicionó como la mayor productora en ese país, con un promedio de 50.000 toneladas al año [13].

#### **g. Argentina**

Este país recién está incursionando en este mercado puesto que tiene una capacidad de producción que alcanza un volumen de 50.000 toneladas

anuales, una cifra baja si se tiene en cuenta que ese país genera un millón y medio de toneladas de residuos provenientes de aserraderos (aserraderos de la provincia del Chaco, Misiones y Corrientes), los cuales no son aprovechados debidamente. Estos productos servirán para producir energía a 1200 casas de estos sectores [13].

#### **h. Brasil**

El mercado de producción de pellets aún no está desarrollado en este país en cuanto exportación, se tiene poca información y su producción solo se dirige al mercado doméstico [26].

#### **2.2.11. Composición de los Pellets de Madera**

La composición de los pellets energéticos obtenidos de los residuos sólidos de madera se rige a un estándar de normas que definen las necesidades que deberán cumplir este producto para tener la calidad requerida [16] y [27]. En la Tabla N°1 se define los valores de la composición del pellet por unidad:

***Tabla 1: Composición de los Pellets***

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>COMENTARIO</b>
DENSIDAD	<b>650 kg/m<sup>3</sup></b>	A rangos menores de densidad se produce mayor cantidad de finos
DIMENSIONES	<b>longitud:38.1mm</b> <b>Diámetro:6.35mm 7.937mm</b>	
FINOS (POLVO DE ASERRIN)	<b>5% del peso total de los pellets terminados</b>	Una alta calidad de finos puede producir averías en los equipos.
CLORUROS	<b>&lt;300 ppm</b>	Nivel de sales debe ser bajo para evitar posibles oxidaciones.
CONTENIDO DE CENIZAS	<b>1% de peso total de los pellets terminados</b>	Baja producción de cenizas disminuirá la limpieza de los equipos.
PODER CALORIFICO	<b>45000 kcal/kg 8200 Btu/Libra</b>	Temperatura de la llama 1200 a 1800 C°

CONTENIDO DE HUMEDAD	8% a 10%	Determinante importante al momento de la combustión de los pellets
TAMIZADO POR FILTRO DE 1/8 DE PULGADA	El producto final no debe tener un tamaño menor a 1/8"	

**Fuente:** Composición Química de los Pellets

### 2.2.12. Comparación con otros combustibles

La comparación del poder calorífico de los pellets con otros combustibles fósiles [28], en MEGAJULES POR KILOGRAMO se presenta a continuación:

**Tabla 2: Comparación con otros comentarios**

TIPO DE CONBUSTIBLE (MJ/kg)			
PELLETS	MADERA	CARBON	GAS NATURAL
19,08	11,60	27,47	50,03

**Fuente:** Tratamientos De Residuos Forestales, 2013

**Nota:** Tener en consideración que el poder calorífico de los pellets varía de acuerdo a los porcentajes de humedad que este contenga.

### 2.2.13. Ventajas de Pellet de Madera

La principal ventaja que trae el uso de los pellets hechos a base de madera es la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), trayendo como beneficio la sustitución a un futuro de petróleo, el carbón y la leña [29] y [30].

El costo de los pellets es accesible, la materia prima es totalmente renovable. Es un biocombustible de alta calidad y su fabricación no implica demasiado trabajo [14].

### 2.2.14. Norma de Calidad de Pellet

Principales Normas europeas sobre la producción de pellets [31].

**a. Austria:**

- ÖNORM M 7135: especificaciones de los pellets y briquetas de madera con o sin corteza.
- ÖNORM M 7136: Requerimientos de calidad de la logística y transporte de los pellets de madera.
- ÖNORM M 7137: Requerimiento de calidad del almacenamiento del consumidor final de pellets de madera [32].

**b. Suecia:**

SS 18 71 20 especifica tres clases de pellets en función del tamaño y de la cantidad de cenizas que generan [32].

**c. Alemania:**

DIN 51731, de pellets y briquetas y la DIN Plus que es específica de pellets de gran calidad para calderas que sólo trabajan con pellets [32].

**d. Italia:**

CTI R04/05 establece los parámetros de calidad de los pellets de biomasa con fines energéticos. Establece 4 categorías en función del origen [32].

## **2.2.15. Proceso de Producción de Pellets de Aserrín y Viruta**

La recepción de la materia prima, algunas empresas reciben los residuos que otras empresas ya no utilizan en sus procesos, ya sea por la fabricación de muebles o por de los aserraderos [27].

- Trozos
- Aserrín

### **2.2.15.1. Secado de la materia prima**

La actividad base para la obtención de PELLETS y que sean de calidad es el nivel de humedad, según investigaciones realizadas el valor adecuado oscila entre 8 a un 10%, entonces se tiene que eliminar la humedad de la materia prima. A menor humedad mayor energía tendrá en su interior el producto obtenido [33]. En la Figura

Nº5 se observa el proceso de secado del aserrín que realizan las empresas que tiene una capacidad de producción de gran escala.

**Figura 5: Proceso de Secado de Materia Prima**

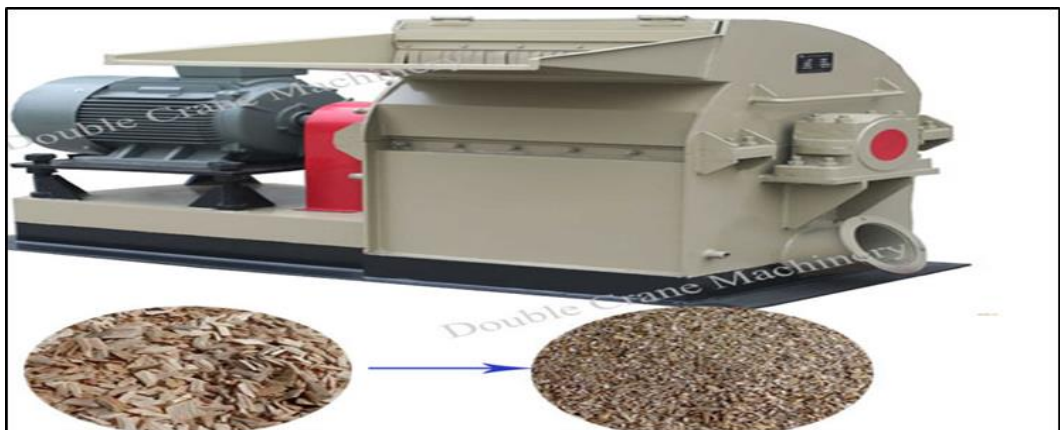


**Fuente:** Línea Secado en Continuo (recuperado en [www.solostocks.com](http://www.solostocks.com))

#### 2.2.15.2. Molienda o Triturado

Este proceso tiene como propósito homogenizar y reducir el tamaño de la materia prima, por tal motivo se tendrá que dividir los trozos y conseguir un tamaño igual al aserrín para que se obtenga un buen producto final homogéneo [12].

**Figura 6: Trituradora de Materia Prima**



**Fuente:** recuperado en <http://www.biopelletline.com>

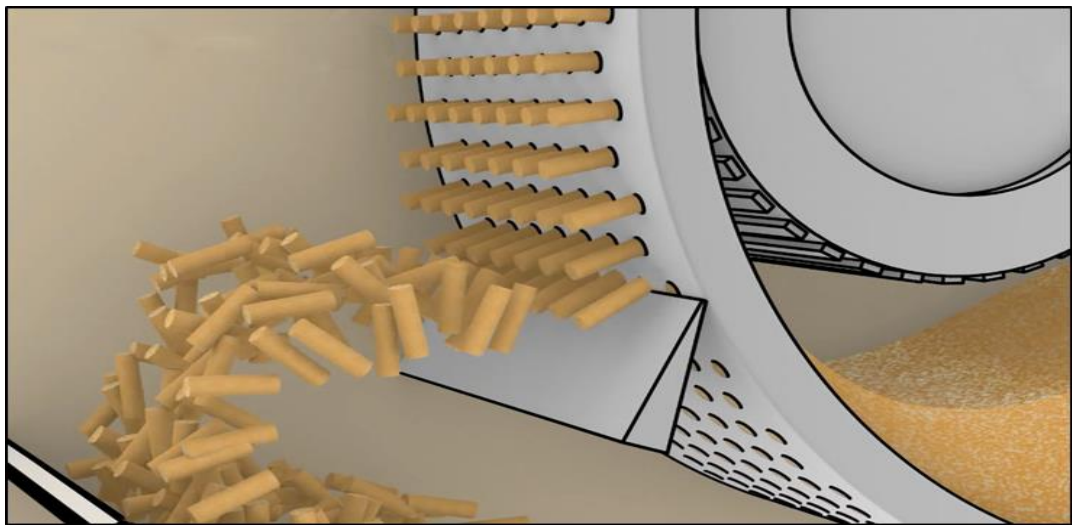
#### 2.2.15.3. Densificación extrusión (Peletización)

En la fase de peletizado, este proceso se lleva a cabo por medio de un sistema de rodillos estos giran realizando una presión alta donde la temperatura y la velocidad

juegan un papel importante ya que determinan la longitud y un compactado de calidad.

Tener en cuenta que no se utilizan aditivos ya que en este proceso la madera libera un el componente Lignina y esta mediante la extrusión, la velocidad y la temperatura es liberada a la superficie del aserrín [24] y [25]. En la Figura N°7 se puede ver la producción de pellets energéticos mediante el proceso de extrusión.

**Figura 7: Proceso de Peletizado**



**Fuente:** recuperado de *bricoblog.com*

#### **2.2.15.4. Enfriamiento**

Una vez que se obtienen los pellets, se procede al enfriamiento, este proceso se realiza dentro de una cámara donde circula el aire frío. En este proceso también se selecciona los pellets que no cumplen con los estándares y que puedan producir cantidad de humo o cenizas. Con esto se asegurará la calidad del pellet [12].

En la Figura N°8, se visualiza una máquina para la elaboración de pellets energéticos.

**Figura 8: Maquinaria para la Elaboración de Pellets**


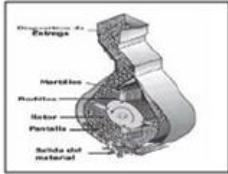

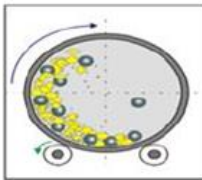


**Fuente:** recuperado de <http://es.fdsp-cn.com>

#### **2.2.17. Análisis de Maquinaria**

El análisis de la maquinaria se realiza según el proceso productivo que se utiliza en la producción de pellets [14]. Tal como se muestra en la figura N°9 los diferentes tipos de molinos para la producción de pellets energéticos, señalando las ventajas y desventajas del uso.

**Figura 9: Tipos de Molinos**

NOMBRE	BOCETO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Molino de Disco		Buenos en moliendas gruesas.	
Molino de Martillo		Amplio rango de tamaño de partículas, Trabaja con cualquier material, Bajo costo, Bajo costo de mantenimiento, Fácil operación.	Eficiencia baja, Genera calor, genera ruidos y emisiones
Molino de Rodillos		Eficiencia de energía, Distribución uniforme, Bajo ruido	Bajo efecto en las fibras, Partículas irregulares, Costo Inicial alto.
Molino de Bolas		Util para productos oxidables, Pulverización húmeda.	Larga duración del proceso, Elevado consumo energético, laboriosa limpieza

**Fuente:** Estudio de Factibilidad para la Fabricación de Pellets de Madera a partir de un Subproducto de la Industria Maderera - A. A. Chang Chumpen y T. A. Del Águila Vela

## 2.2.18. Tipos de sistema de peletizado

### 2.2.18.1 Plantilla plana

Este proceso se rige por un principio donde la materia prima cae por gravedad sobre los rodillos que rotan en el interior de la maquina encima de la plantilla. La materia prima es comprimida entre los rodillos y la plantilla. Entonces este pasa por un conjunto de orificios a lo largo de la plantilla conocido como extrusión [15].

- La plantilla rueda y los rodillos ruedan estáticamente sobre ella sin cambiar de posición.
- La plantilla es fija y los rodillos dan vueltas en ella.

### 2.2.18.2 Anulares



En este sistema la peletizadora es compuesta de un anillo móvil situado de forma vertical con unos rodillos internos fijos los cuales aplican presión contra las paredes internas del anillo donde están situados los orificios por donde los pellets empiezan a salir al exterior, la materia prima ingresa a la máquina y va al centro del anillo a través de un tornillo sin fin [15].

#### **2.2.19. Método GUERCHET**

Método utilizado para calcular las superficies físicas que se necesitan en una planta. Éste es un método de cálculo que para cada elemento a distribuir supone que su superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales que contemplan la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución o movimientos.

#### **2.2.19. Ley de conservación de la materia**

El balance de masa, puede definirse como una contabilidad de entradas y salidas de masa en un proceso o de una parte de éste. No es más que la aplicación de la ley de conservación de la masa que expresa “La masa no se crea ni se destruye”.

#### **2.2.20. Método de los factores ponderados**

realiza un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas. Los factores que pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva. Para aplicar este método se recomienda seguir los siguientes pasos:

- a. Determinar una relación de los factores relevantes.
- b. Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa.
- c. Fijar una escala de medición a cada factor. Ej.: 1-10 PUNTOS.
- d. Multiplicar la puntuación por los pesos para cada factor y obtener el total para cada localización.

$$ALTERNATIVA = \% \times PUNTUACION + \% \times PUNTUACION + \% \times PUNTUACION \dots$$

## **CAPITULO 3**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se aplica en el siguiente trabajo de tesis es una investigación aplicada de tipo descriptiva, porque se procederá a referir los datos obtenidos para trabajar en el problema y aplicada ya que se tiene como propuesta resolver el problema de la poca utilidad que se le da a los residuos sólidos en sector de fabricación de muebles.

El enfoque de la tesis es cuantitativo, pues la recolección de información dentro y fuera de la empresa ayudará para tener una idea clara en el proceso de elaboración de esta investigación.

Después de la revisión de la información recolectada, se procede a delimitar la trascendencia del tema de estudio, con esta información se llegará conocer los porcentajes de residuos sólidos que la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. genera en sus procesos productivos, el manejo de variables ayudará en la revisión de las consecuencias de la industrialización de los residuos.

##### **3.1.1. Método de producción**

Según la investigación realizada se utilizará la maquina peletizadora con el sistema de plantilla plana por medio de la extrusión, detallando cada parte del proceso para

la fabricación de pellets energéticos, se procede a la búsqueda de la maquinaria analizando sus beneficios y costos.

### **3.1.2. Herramienta de recolección de datos**

La herramienta a utilizar es la hoja de datos donde se recolectará la siguiente información:

- Análisis actual de la empresa
- Análisis del área de trabajo
- Análisis de costos

#### **3.1.2.1. Selección de la muestra**

La investigación se realizará en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., en coordinación con el área de gerencia y el área de producción teniendo como objetivo la recolección de información que es necesaria para el tema de investigación, datos estadísticos sobre la cantidad de material que ingresa a la empresa y la cantidad de residuos sólidos que se eliminan por día, mes y año.

- Trabajo de campo
- Realizar visitas a la empresa
- Recolección de información
- Realizar entrevistas con los encargados de la empresa.

### **3.1.3. Análisis y discusión de resultados**

Procesamiento estadístico de la información y elaboración de la propuesta para la empresa.

## **CAPÍTULO 4**

### **DESCRIPCION DE LA ORGANIZACIÓN Y DEL PROCESO PRODUCTIVO**

#### **4.1. Análisis de la situación actual**

Se procede a detallar el estado actual de la empresa donde es realizada la propuesta para la industrialización de los residuos sólidos que genera.

##### **4.1.1. Análisis de la empresa**

A continuación, se detalla el estado actual de la empresa, como se encuentra registrada en el sistema:

- Nombre de la empresa: Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.
- RUC: 20456143441
- DIRECCION: Av. Dolores 117, José Luis Bustamante y Rivero
- SECTOR: Muebles de madera
- REPRESENTANTE LEGAL: Cirilo Villanueva Mamani
- CARGO: Administrador

##### **4.1.2. Misión y Visión de la Empresa**

La misión y visión de la empresa es redactada en las siguientes líneas:

###### **▪ Misión**

“Somos una empresa que ofrece a nuestros clientes una amplia gama de muebles para el hogar, comercio e industria con características que

prevalecen aspectos estéticos como operativos en un entorno de puntualidad y garantía”

#### ▪ **Visión**

“Ser la empresa líder en la comercialización de productos madereros en Arequipa y el Perú convirtiéndonos en socios comerciales de nuestros clientes, generando valor, empleo y arraigando sólidos lazos con nuestros proveedores y colaboradores.

#### **4.1.3. Historia**

En el siguiente párrafo se brinda un resumen de la historia de la empresa, su creación, dirección, y las ganancias que se generan al año de acuerdo a la producción de los muebles fabricados.

##### **Empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.**

Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. es una empresa dedicada a la fabricación de muebles de madera, MDF, melamina, metal y aluminio para el hogar, comercio y oficina.

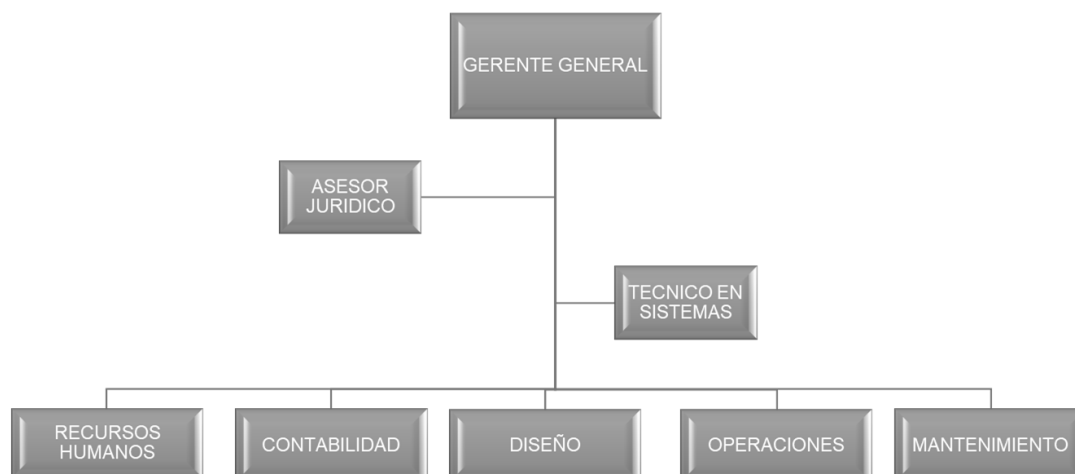
Está ubicada en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, en la Avenida Dolores N° 117, en la ciudad de Arequipa, siendo esta su principal ubicación. La empresa inicio sus actividades desde el año 2012, teniendo como principales clientes personas naturales, ganando experiencia y con recomendación de los mismo la empresa fue obteniendo prestigio y de este modo pudo hacer contratos con empresas como son: CIDASA S.A., Scharff logística integrada S.A., SUNAT y CONSORCIO INESCO HUARCAYA.

La empresa anualmente produce aproximadamente 200 unidades entre: closet, reposteros, puertas contra placadas, juego de dormitorios y muebles de comedor, con un valor de S/. 248,702.00.

## 4.2. Organigrama de la empresa

La empresa cuenta con el siguiente organigrama:

**Figura 10: Organigrama de la empresa**



**Fuente:** Mueblerías "ALEXIS" S.R.L.

### 4.2.1. Áreas de trabajo y personal asignado

La empresa cuenta con el siguiente personal, como se muestra en la tabla 3:

**Tabla 3: Personal de la empresa**

MUEBLERIAS "ALEXIS" S.R.L.		
PERSONAL	CANT.	FUNCIONES
<b>Gerencia</b>		
Gerente General	1	Liderar y coordinar las funciones de la empresa
Asesor Juridico	1	Resolver los temas juridicos de la empresa
Tecnico de sistemas	1	Mantenimiento de las computadores e impresoras
<b>Recursos Humanos</b>	1	Organización del personal
<b>Contabilidad</b>	1	Libros contables de la empresa, pagos al personal
<b>Diseño</b>	1	Elaboración de medidas y planos de los muebles
<b>Producción</b>		
Maestro Carpintero	2	Armado, Fabricación, mantenimiento, pintado y retocado de muebles
Maestro Melaminero	2	
Maestro Pintor	2	
<b>Mantenimiento</b>		
Operario	1	Apoyo en el area de trabajo, limpieza y mantenimiento.

**Fuente:** Mueblerías "ALEXIS" S.R.L.

## 4.3. Actividades comerciales

La empresa pertenece al sector manufacturero, dentro de este sector la industria de madera y muebles, una de las principales industrias en donde se transfiere tecnológica e innovaciones concernientes a mejora del proceso productivo,

maquinaria, equipos, herramientas, insumos y servicios. Esta empresa se dedicada al diseño y fabricación de muebles de madera y derivados como la melamina y el MDF, y estructuras metálicas con muebles para el hogar, comercio e industria.

#### **4.3.1. Mercado Actual**

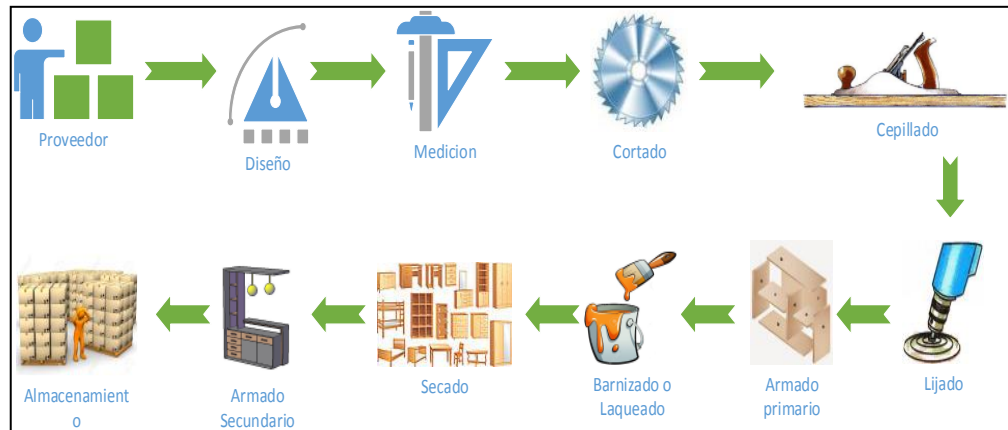
La empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.” tiene como clientes actuales a instituciones como SUNAT (Entidad recaudadora de impuestos) y empresas como: CONSORCIO INESCO HUARCAYA(Construcción de edificios completos), CONSORCIO INDUSTRIAL DE AREQUIPA, (fabricación de artículos de tocador, jabones de tocador y de lavar, envases plásticos; rectificación de alcoholes y concentración de glicerina como sub-producto de la planta de jabón), SCHARFF LOGISTICA INTEGRADA (Courier Internacional, Nacional y metropolitano, Agenciamiento de Aduana, Freight Forwarding, Almacenamiento y Distribución) y clientes naturales. La empresa Mueblerías ALEXIS S.R.L. tiene como proveedores de materia prima a SAN MARCOS, ARAUCO, PLACACENTRO MASISA, TABLESUR, BARRACA SANTA FE, MADERERAS EL COLORADO y MADERAS ELGELBERT.

#### **4.3.2. Diagrama de flujo de proceso**

El proceso inicia con la recepción de la materia prima procedente del proveedor, de acuerdo con el pedido establecido, se procede a realizar un diseño o boceto del producto pedido, una vez elegido el diseño se procede a realizar las mediciones respectivas según las especificaciones y limitaciones del área donde estará ubicado el producto final. Establecidos estos parámetros se procede con el proceso de fabricación el cual inicia con el cortado de la materia prima para luego pasar al cepillado y lijado de las piezas. Posteriormente se pasará a la etapa del armado primario, el cual se unen las piezas de acuerdo con el boceto indicado y se le aplicara unas capas de barnizado o laqueado. Se espera en la etapa de secado para realizar la última etapa del proceso que es el armado

secundario y su posterior almacenado o entrega del producto al cliente. En la Figura N°10 puede verse un ejemplo del proceso de fabricación de muebles que realiza la empresa desde el arribo de la materia prima al almacenamiento del producto terminado.

**Figura 11: Proceso de Fabricación de Muebles**



**Fuente:** Mueblerías “ALEXIS” S.R.L

#### 4.3. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

A continuación, el estado del sector de muebles y maderas en la ciudad de Arequipa, el estado de la empresa con respecto a los residuos sólidos que genera por cada proceso.

##### 4.3.1. Sector de Muebles y Maderas en La Ciudad de Arequipa

En la actualidad, la ciudad de Arequipa tiene el 9% ,1083 empresas dedicadas a la transformación de la madera, de las cuales el total de empresas dedicadas a la manufactura de madera 7.5% con un total de 975 empresas se dedican a la segunda transformación (sector mueblería) [9] y [6].

Estas empresas generan un acumulado de residuos entre aserrín y trozos de madera proveniente de los procesos productivos que estas realizan de los cuales no se tiene un valor; generados costos innecesarios y ocupan espacio en las áreas de producción sin darles un uso adecuado que podría beneficiar a la empresa tal es el caso de la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.



#### **4.3.2. Generación de residuos en la Empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.**

La empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. tiene una producción a pedido, por cada proceso que realiza para la obtención de sus productos terminados, del 100% de materia prima utilizada se genera un porcentaje de 40% residuos de la madera entre aserrín, viruta y trozos de madera. Como puede observar en el anexo N° 3, realizado en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., se muestra de la cantidad de residuos sólidos obtenida por día y semana. Dichos residuos están aglomerados en las áreas de trabajo y no tienen un lugar destinado para su almacén, véase en anexo N°2, el gerente general realiza la venta de estos residuos a panaderías que están ubicadas a los alrededores.

## **CAPITULO 5**

### **PROPUESTAS DE MEJORA**

La hipótesis de esta investigación indica que es factible industrializar los residuos sólidos para la producción de pellets energéticos generados en la fabricación de muebles de madera; algunas de las interrogantes que surgen posteriores a este enunciado, son si este proceso puede ser aplicado a empresas productoras de muebles. El desarrollo de la propuesta proporcionará un análisis de cuantas posibilidades tiene la empresa de incluir un proceso productivo utilizando los recursos con los que cuenta la empresa y ayudará a tener conocimiento de los costos y requisitos para la implementación de una planta y si resultará rentable para la empresa.

#### **5.1. Materia Prima**

Según el análisis de la cantidad de residuos sólidos por kg., como se visualiza en la tabla N°4 se obtiene un aproximado de 45 kg. de residuos sólidos al día y 200 kg. a la semana. Verificando la información obtenida se concluye que la de aserrín y trozos de madera por día es muy baja se propone trabajar con la producción semanal.

**Tabla 4: Cantidad de Materia Prima**

	Kg. / Día	Kg. / semana
<b>Aserrín / Viruta</b>	35	120
<b>Trozos de Madera</b>	10	80
<b>TOTAL</b>	45	200

**Fuente:** *Elaboración propia*

Se propone realizar la recolección y almacenar los residuos provenientes de las actividades que realiza la organización en el área de almacén donde no perjudique ni interrumpa ningún proceso. El material del contenedor será metal que proteja de la humedad y prevenga riesgos de incendios.

Como se explica en el proceso productivo de los pellets energéticos, se utilizará un instrumento de medición (termómetro / hidrómetro) para el control de la humedad.

**Figura 12: Termómetro / Hidrómetro**



**Fuente:** *VMC SOLUCIONES*

**Descripción de instrumento de medición:**

medidor de humedad con sonda, puede medir la humedad y temperatura local:

- Rango de temperatura: - 50 grados centígrados a 70 grados centígrados
- rango de humedad: 10 % RH - 99 % HR
- humedad relativa Precisión: 5 %
- precisión humedad: 1 % con humedad relativa
- precisión de temperatura: 1 grado centígrado
- Voltaje operativo: 1.5 v, o batería LR44 (no incluida)
- Peso: 0.0400 kg

**5.2. Proceso de industrialización de los residuos sólidos de madera**

El proceso de producción empieza con la recolección de la materia prima, en cada parte del proceso de producción de muebles donde se tiene acumulado los retazos y aserrín.

**5.2.1. Proceso de Producción para la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.**

El encargado del proceso, recolecta los residuos sólidos de las actividades y las coloca en el área destinada para el secado de estos.

- Trozos
- Aserrín

**5.2.1.1. Secado de la materia prima**

Para esta actividad se requiere un nivel de humedad entre el 8 y el 10%, dicha humedad será medida con un instrumento de medición (Termómetro / Hidrómetro), verificando la humedad necesitada para la elaboración de pellets energéticos que es del 10% de humedad. Para revisar la ubicación propuesta véase las figuras N°22.

#### **5.2.1.2. Molienda o Triturado**

La máquina a utilizar está compuesta con una trituradora con la cual se homogenizará la materia prima reduciendo el tamaño de la materia prima, por tal motivo se tendrá que dividir los trozos y conseguir un tamaño igual al aserrín para que se obtenga un buen producto final. Para revisar la distribución propuesta véase las figuras N°22 y 23.

#### **5.2.1.3. Densificación extrusión (Peletización)**

En la actividad de peletizado, este proceso se lleva a cabo por medio de un sistema de rodillos estos giran realizando una presión alta donde la temperatura y la velocidad juegan un papel importante ya que determinan la longitud y un compactado de calidad.

La actividad de peletizado por extrusión es a presión donde se libera la lignina propia de la materia prima, la cual sirve como pegamento natural de los pellets, no teniendo la necesidad de adicionar otros aditivos químicos. Para revisar la distribución propuesta véase las figuras N°22 y 23.

#### **5.2.1.4. Enfriamiento y tamizado**

El proceso de enfriado será realizado a temperatura ambiente de la ciudad de Arequipa que tiene un promedio de 23 °C y una humedad relativa del 25%, existiendo experiencias de investigaciones realizadas en la ciudad de Piura con una temperatura de 29 °C y una humedad relativa de 48%. En este proceso también se selecciona los pellets que no cumplen con los estándares y que puedan producir cantidad de humo o cenizas. Con esto se asegurará la calidad del pellet [16]. Para revisar la distribución propuesta véase las figuras N°22 y 23.

#### **5.2.1.5. Almacenado del producto terminado**

El producto obtenido se procederá a guardar en el almacén destinado según propuesta, véase Figura N°23, a temperatura ambiente y no expuesto al sol ya que los pellets corren el riesgo de deteriorarse.

### **5.2.2. Normativa por utilizar**

Según la literatura revisada el producto terminado está sujeto con la normativa de Alemania e Italia:

- **Alemania:**

DIN 51731, de pellets y briquetas y la DIN Plus que es específica de pellets de gran calidad para calderas que sólo trabajan con pellets [32].

Esta norma da al productor la autoridad para elegir los parámetros utilizados en la fabricación; solo hace hincapié a la calidad y la capacidad de los pellets.

- **Italia:**

CTI R04/05 establece los parámetros de calidad de los pellets de biomasa con fines energéticos. Establece 4 categorías en función del origen [32].

Esta norma cataloga a los biocombustibles y los define según sus características para su uso [34] y [35].

A.1. Tronco de árbol caducifolio y de coníferas sin corteza.

A.2. Materias primas no incluidas en la categoría A.1., biomasa herbácea no tratada o mezcla de estos materiales.

A.3. Materias primas no incluidas en la categoría A.2.

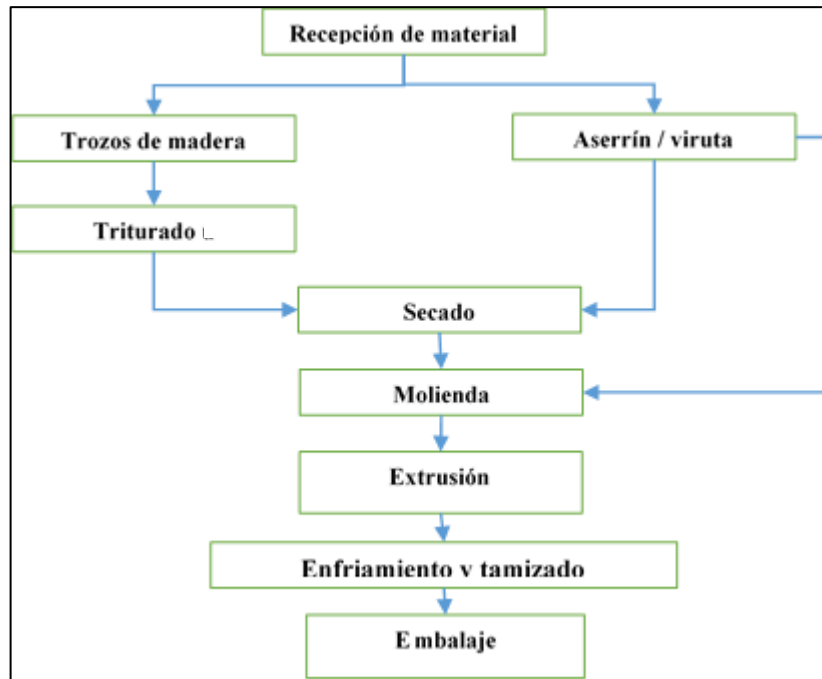
### **5.2.3. Proceso utilizado para la producción de pellets**

El proceso de producción es por extrusión adoptando la forma de los orificios de la matriz anular o plana, según la producción y los requerimientos de la empresa. En el proceso de peletizado por extrusión a presión, se obtiene el 95% de pellets de calidad comercial y el 5% de pellets defectuosos, los cuales se reciclarán y se volverá a utilizar en el proceso de peletizado.

#### 5.2.4. Diagrama de bloques del proceso productivo de pellets

En la Figura N°12, se detalla el proceso de producción de pellets por proceso de extrusión que se realizara en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.

**Figura 13: Proceso Productivo de Pellets**



**Fuente:** Elaboración propia

#### 5.2.5. Diagramas de Análisis del proceso y Diagrama de operaciones

Según el diagrama de análisis del proceso como se indica en la Figura N°14 se detalla cada actividad y el tiempo invertido para la obtención de los pellets energéticos. Dichos tiempos fueron obtenidos utilizando el método de MAXIMIN, donde se analiza los tiempos invertidos en otras investigaciones y se utiliza el tiempo menor ya que las dimensiones de las plantas propuestas no son similares.

**A:** Pre-factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta de pellets para combustibles a partir de desechos de madera [10].

**B:** Estudio de planta piloto para peletización de residuos madereros y su utilización como combustible en hornos ladrilleros [15].

**C:** Diseño de proceso y de planta piloto para la fabricación de briquetas de aserrín [16].

**Tabla 5: comparación de tiempos de producción**

ACTIVIDADES TIEMPOS	SECADO	MOLIENDA	PELETIZADO	ENFRIAMIENTO	EMBALAJE	ALMACEN
A	360 min.	300 min.	240 min.	120 min.	240 min.	60 min.
B	95 min.	105 min.	85 min.	38 min.	35 min.	60 min.
C	120 min.	90 min.	45 min.	25 min.	67 min.	35 min.

**Fuente:** *Elaboración propia*

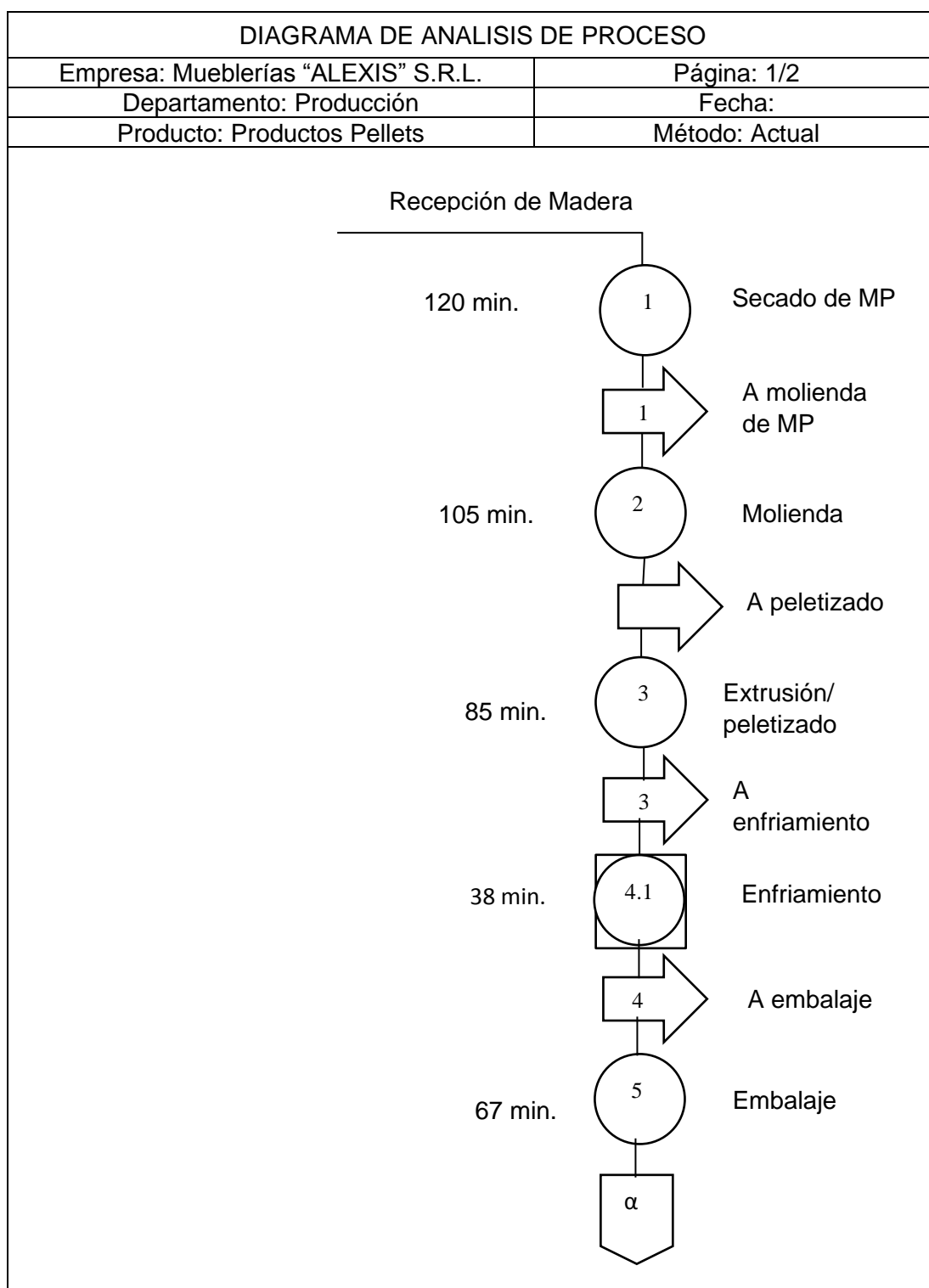
Según el método MAXIMIN, obtenemos los siguientes tiempos:

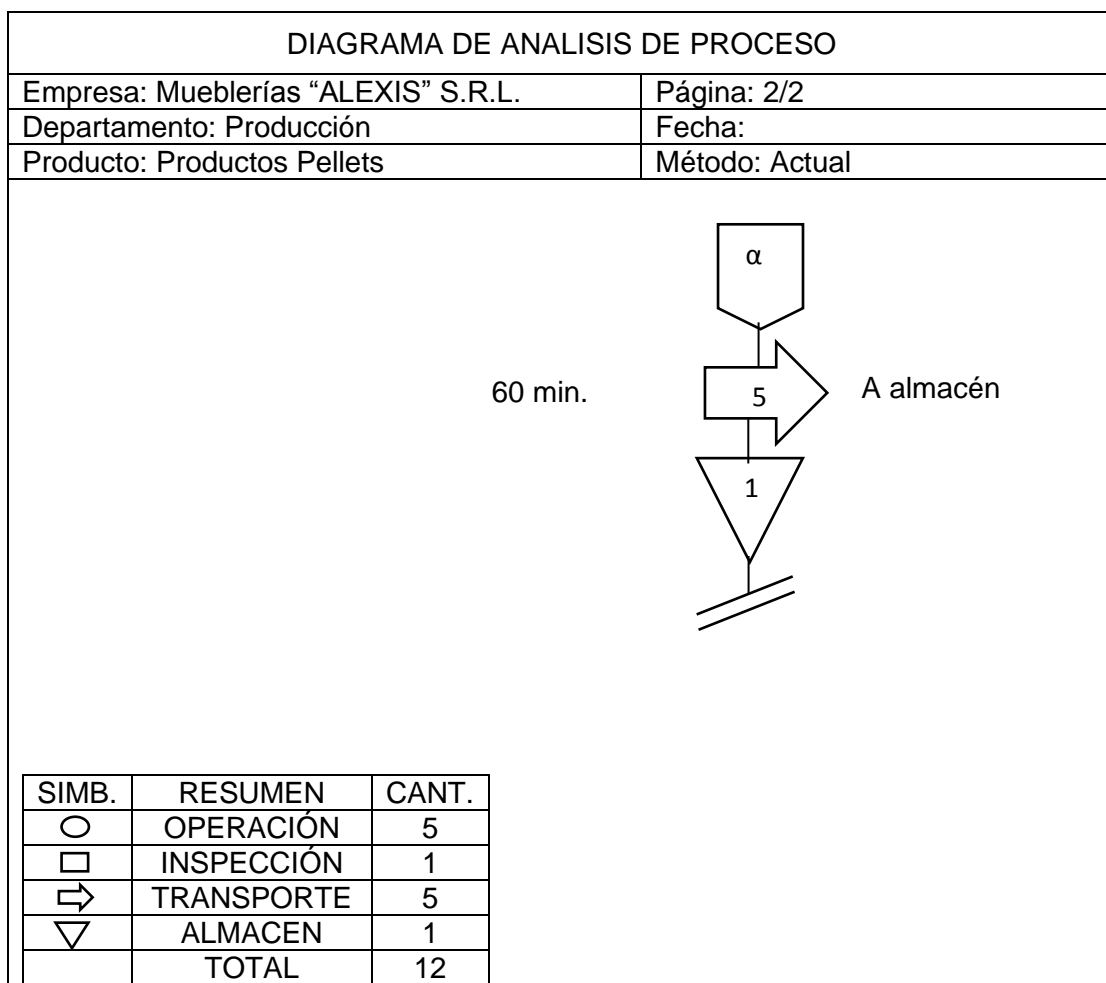
- SECADO: 120 min.
- MOLIENDA: 105 min.
- PELETIZADO: 85 min.
- ENFRIAMIENTO: 38 min.
- EMBALAJE: 67 min.
- ALMACEN: 60 min.

El criterio utilizado es el pesimista ya que lo que se quiere es generar utilidades, por tal motivo se obtuvo los tiempos máximos dentro de los tiempos mínimos.



**Figura 14: DAP**





**Fuente:** Elaboración propia

La tabla N°6 indica los tiempos obtenidos a utilizar en cada actividad para la obtención de los pellets energéticos.

**Tabla 6: Tiempo estimado de Producción de Pellets**

Producción de pellets (Horas)	
Secado	120 min.
Molienda	105 min.
Peletizado	85 min.
Enfriado	38 min.
embalaje	67 min.
Almacén	60 min.
TOTAL, Horas.	475 min.

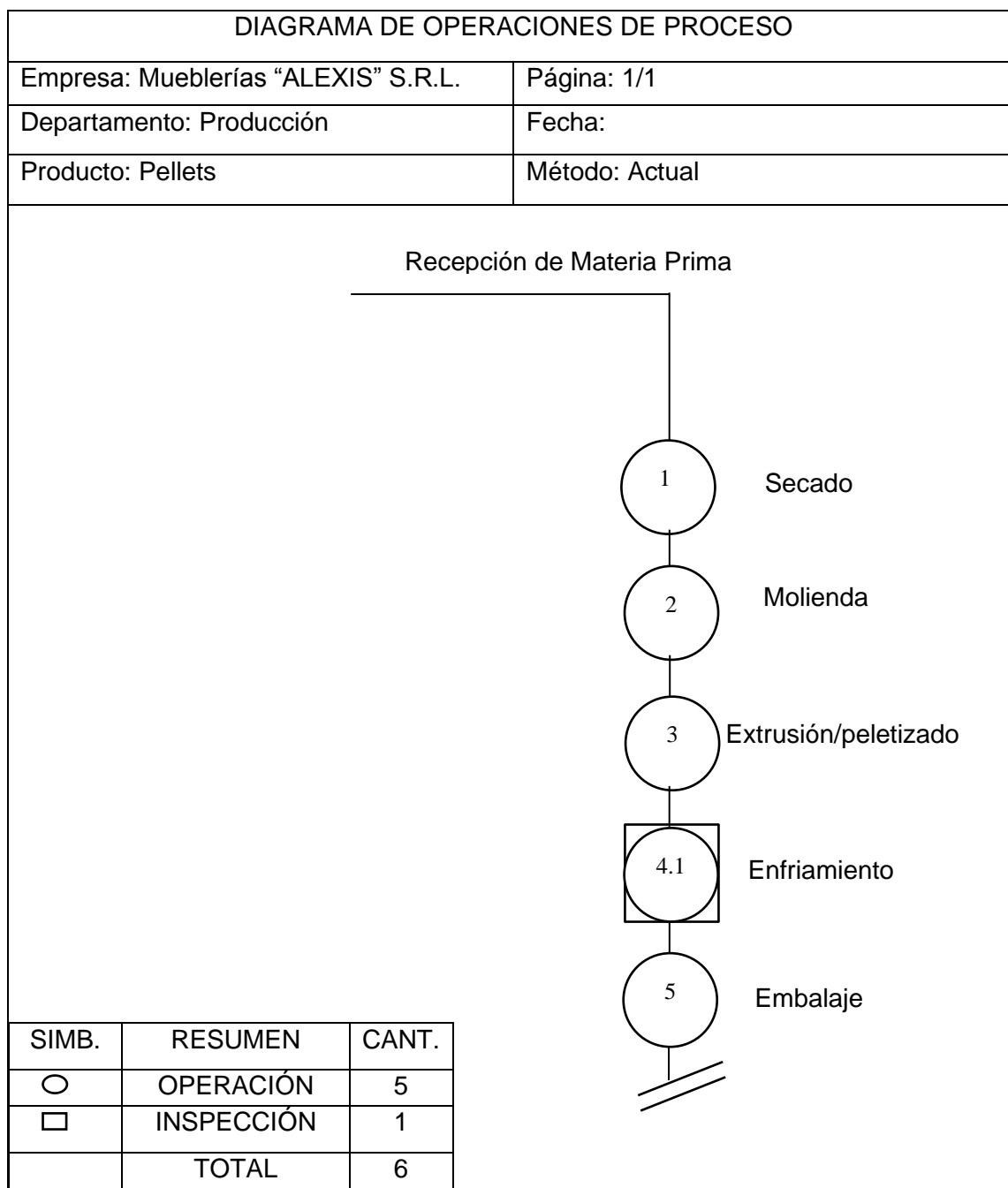
**Fuente:** Elaboración Propia

Fórmula para obtener el tiempo en horas:

$$X = \frac{475 \times 1}{60} \rightarrow X = 8 \text{ horas}$$

El diagrama de operaciones de proceso (Figura N°15) brinda una línea del proceso que se seguirá para la producción de pellets energéticos.

**Figura 15: DOP**



**Fuente:** elaboración propia

### 5.3. Balance de materia

Con la industrialización se espera producir 175.25 kg de pellets a la semana. Se desea reducir el tiempo ocioso de la máquina y se buscara posibles proveedores de materia prima para un crecimiento a futuro.

Los componentes para este proceso son aserrín, trozos de madera. Se evalúa que el procesado de la materia prima tenga un nivel de pérdidas del 12.5% desde la fase de secado hasta el peletizado (obtención de pellets energéticos). Como se muestra en la tabla N°7.

Producción semanal:

- 200 kg de aserrín, viruta y trozos

Debido a la falta de equipo para la simulación del proceso de fabricación de pellets energéticos, se procedió a investigar un aproximado del balance de materia utilizando la ecuación general de balance de materia - Ley de conservación de la materia [36], detallando en la tabla N°7 los porcentajes de perdida en cada actividad a desarrollar:

**Tabla 7: Balance de Materia**

BALANCE DE MASA	200 kg	100%
SECADO	10 kg.	5%
MOLINO	4.75 kg.	2.5%
PALETIZADO	10 kg.	5%
TOTAL DE PRODUCCION	175.25	87.5%

**Fuente:** *Elaboración Propia*

Balance de masa para la obtención de producto final, donde el proceso de secado tiene el porcentaje mayor [36].

**Figura 16: Ecuación general – Balance de materia**

$$\left\{ \begin{array}{c} \text{Acumulacion} \\ \text{dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \text{Entrada por} \\ \text{los limites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{Salida por} \\ \text{los limites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \text{Generacion} \\ \text{dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{Consumo} \\ \text{dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\}$$

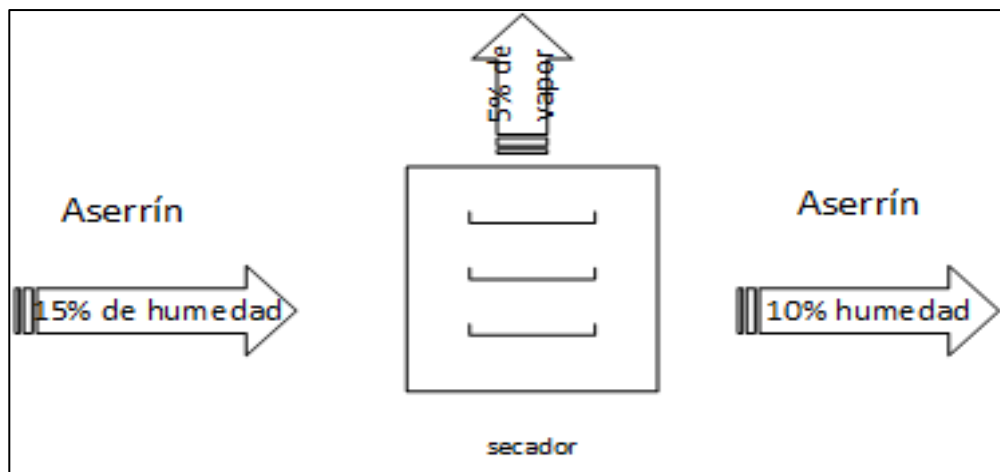
$$\left\{ \begin{array}{c} \text{Acumulacion} \\ \text{dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \text{Entrada por} \\ \text{los limites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{Salida por} \\ \text{los limites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\}$$

**Fuente:** Balance de Masa

### 5.3.1. Secado de materia prima

Según estudios anteriores el nivel de humedad del aserrín se mide por la normativa **NTP 251.010 Maderas. Método de Determinación de Contenido de Humedad** [14], el nivel requerido de humedad en el aserrín es entre 8% a 10% para lograr un buen aglomerado. En la Figura N°18 se puede ver el proceso de secado de la materia prima.

**Figura 17: Nivel de Humedad Materia Prima**



**Fuente:** Elaboración propia

Se recolecta 200 kg. de residuos sólidos, como se menciona estos son colocados en un recipiente de metal, donde se procederá al secado de este. El porcentaje de humedad del aserrín y viruta es de 15% con ayuda del instrumento de medición se controlará la humedad hasta llegar al 10%, donde se obtendrá lo siguiente:

$$X = 200 \text{ kg.} \times 0.05 = 10 \text{ kg.} \quad (1) - \text{total de merma}$$

$$X = 200 \text{ kg.} - 10 \text{ kg.} \rightarrow X = 190 \text{ kg.} \quad (2) - \text{total de salida}$$

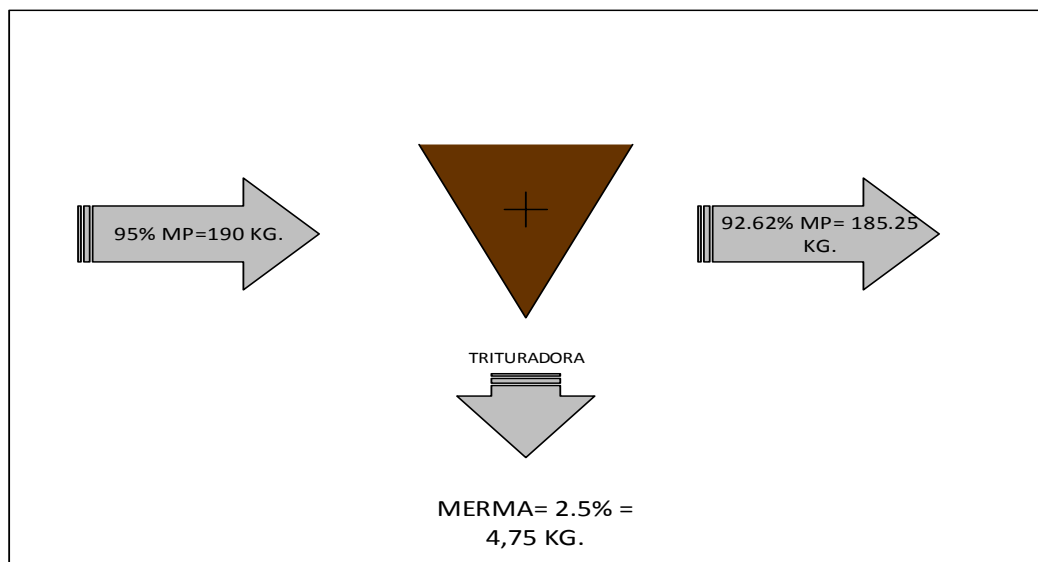
$$\text{Acumulacion dentro del sistema} = 200 \text{ kg.} - 190 \text{ kg.}$$

$$\text{Acumulacion dentro del sistema} = 10 \text{ kg.}$$

### 5.3.2. Molienda de materia prima

El proceso de molienda tiene un porcentaje de 2.5% de materia prima perdida, de los residuos sólidos que se quedan adheridos molinos y un porcentaje de 92.62% de materia que continua a la actividad siguiente; en la Figura N°17 se puede visualizar un ejemplo del proceso de molienda:

**Figura 18: Porcentaje de Materia Prima**



**Fuente:** Elaboración propia

Del proceso de secado se obtiene 190 kg. de materia prima, esta ingresa a la maquina en los cuales se obtiene:

$$X = 190 \text{ kg.} \times 0.025 = 4.75 \text{ kg.} \quad (1) - \text{total de merma}$$

$$X = 190 \text{ kg.} - 4.75 \text{ kg.} \rightarrow X = 185.25 \text{ kg.} \quad (2) - \text{total de salida}$$

$$\text{Acumulacion dentro del sistema} = 190 \text{ kg.} - 185.25 \text{ kg.}$$

$$\text{Acumulacion dentro del sistema} = 4.75 \text{ kg.}$$

### 5.3.3. Cantidad de producto terminado – pellets

Cuadro de dimensiones de los pellets (Tabla N°8) basado en las dimensiones de la maquinaria a utilizar.

La densidad de la madera varía de acuerdo al tipo de madera:

**Tabla 8: Densidad de la materia**

Clasificación	Densidad	Ejemplos
Madera ligera	<500	Balsa
Madera medio ligera	500-599	Abeto, cedro y aliso
Madera de peso medio	600-699	Pino insignis
Madera pesada	700-799	Haya y roble
Madera muy pesada	>800	Elondo y Wenge

**Fuente:** *Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural*

**Nota:** Según la materia prima que utiliza la empresa para la fabricación de muebles de madera se tiene un promedio de densidad de 450 kg/m<sup>3</sup> a 600 kg/m<sup>3</sup>.

Se tiene un total de 175.25 kg. de pellets energéticos los cuales serán almacenados en el almacén propuesto, véase la figura N°23 en sacos de 20 kilogramos.

El aserrín tiene una densidad promedio de 165 kg/m<sup>3</sup> [14]. En la Tabla N°9 se resume las dimensiones de un pellet:

**Tabla 9: Descripción de Pellets**

DESCRIPCION	DIMENSIONES
DIAMETRO	6 mm
LARGO	30 mm
DENSIDAD	1. 12 Kg. /dm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD	10%
PESO POR UNIDAD	0.0065

**Fuente:** Elaboración Propia

Según la producción de la maquina se conoce la producción de pellets por unidad, detalles Tabla N°10:

**Tabla 10: Cantidad de Pellets / Kg.**

CANTIDAD / UNIDADES	CANTIDAD / KG
1	0.0065
26962	175.25

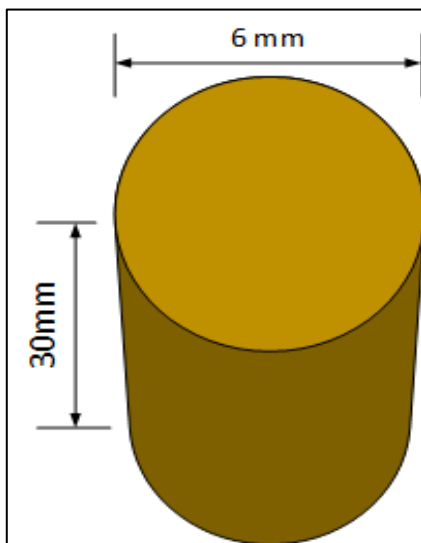
**Fuente:** Elaboración Propia

Entonces si se tiene residuos sólidos por semana, mes y año se estima obtener una producción de pellets para esa cantidad de residuos.



En la Figura N°19 se presenta el boceto de un pellet con sus dimensiones:

**Figura 19: Pellet Energético**



**Fuente:** Elaboración propia

Producción de pellets energéticos por semana (Tabla N°11), de acuerdo a los kilogramos de materia prima que se puede recolectar en cada proceso de elaboración de muebles de madera.

**Tabla 11: Producción de Pellets por Periodo**

PRODUCCION DE PELLETS		
TIEMPO	MATERIA PRIMA / KG	PELLETS / KG
SEMANA	200 kg.	175.25 kg.
4 SEMANAS	800 kg.	701 kg.
52 SEMANAS	10400 kg.	9113 kg.

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 5.4. Escenarios de producción

Para el presente trabajo se procede a indicar los posibles escenarios de producción de pellets energéticos

#### **5.4.1. Producción de la empresa**

Como se menciona anteriormente, la empresa realiza su producción a pedido por tal motivo la cantidad de producción de residuos sólidos es baja, la producción de pellets se realizará por semana.

#### **5.4.2. Alianza estratégica con los proveedores**

Se propone la compra de aserrín de los proveedores de la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., las cuales se encuentran ubicadas en la av. Jesús, ya que estas son barracas son mayoristas y cuentan con cientos de tablas de distintos tipos de madera en su estado más bruto. Estas mismas realizan cortes y cepillados obteniendo grandes cantidades de aserrín. Considerando que estas barracas son exclusivamente de madera y no de derivados de madera.

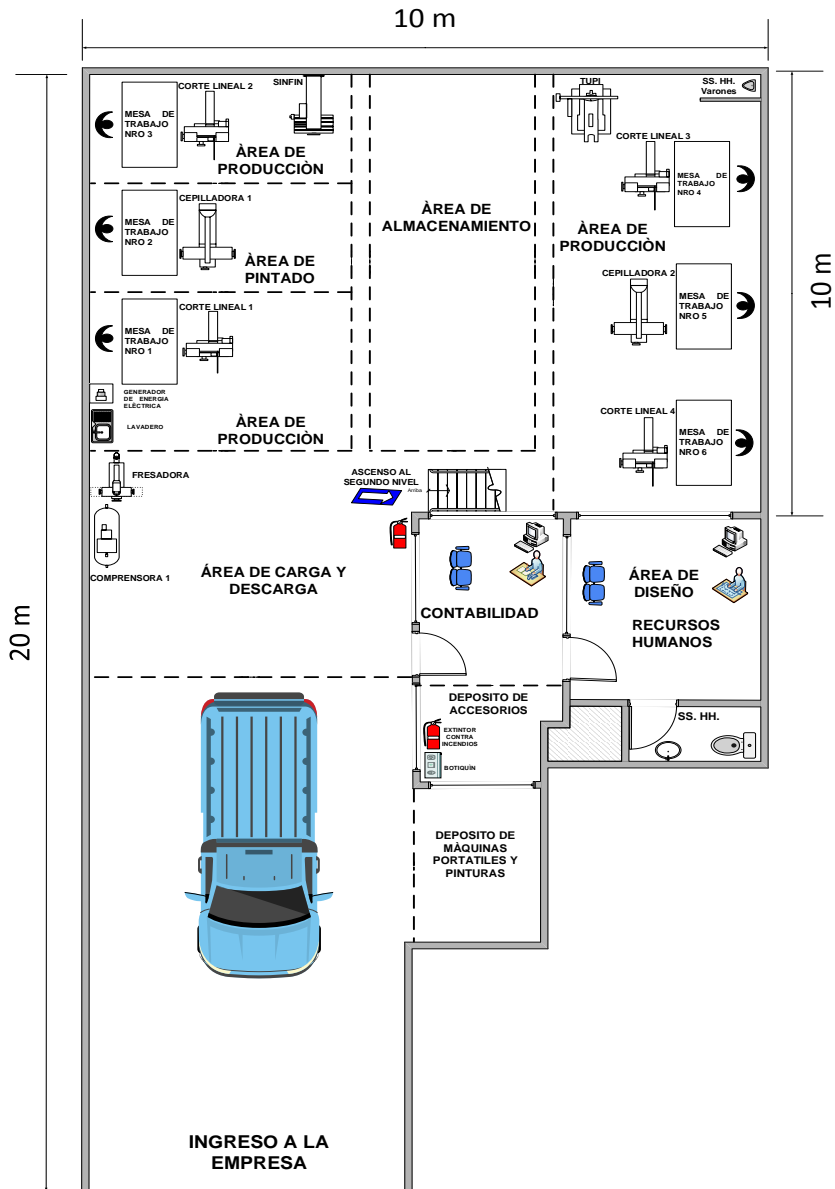
### **5.5. Localización de la Planta productores de Pellets**

La maquinaria productora de pellets se localizará en un lugar estratégico dentro del área de producción de los muebles de la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. como una mini planta, en la ciudad de Arequipa distrito de José Luis Bustamante y Rivero, para recepción, proceso de fabricación y comercialización de pellets en la ciudad.

#### **5.5.1. Distribución actual de la empresa**

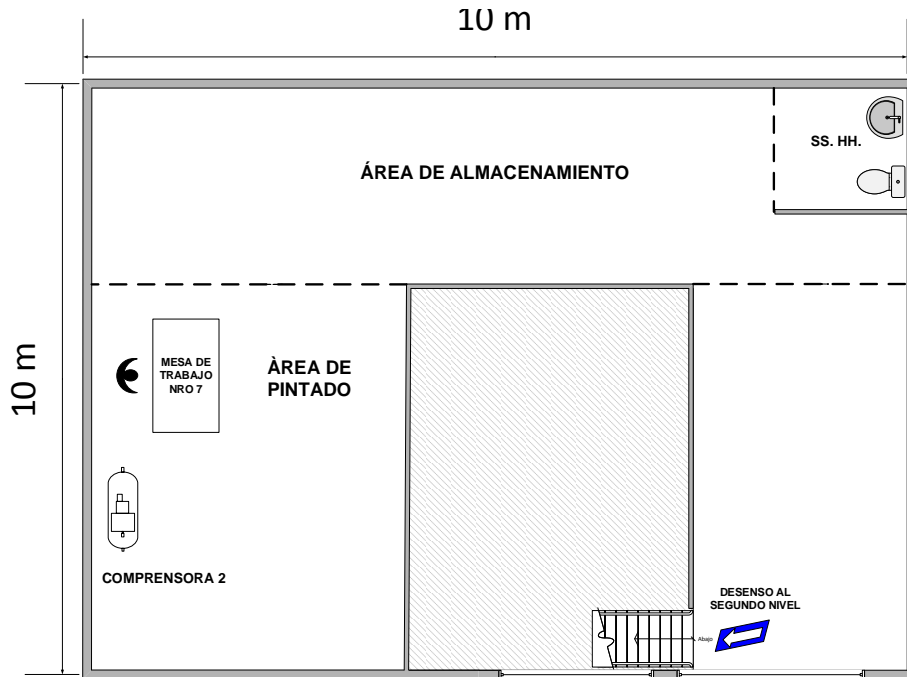
La distribución Actual de las áreas de procesos en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. (Figuras N°20 y 21) fue realizada mediante el uso del método SLP, para lograr la adecuada distribución de la maquinaria y así no entorpecer el proceso productivo de los muebles.

**Figura 20: Distribución actual Mueblerías**



Fuente: Mueblerías "ALEXIS" S.R.L.

**Figura 21: Distribución segundo nivel**



**Fuente:** Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.

### 5.5.2. Distribución de la empresa con el proceso de peletizado

Para la ubicación de la máquina utilizada para la elaboración de pellets se realizó un análisis de la ubicación actual de las máquinas y que este nuevo proceso no interfiera con los procesos existentes en la empresa.

#### 5.5.2.1. Superficie necesaria

Utilizando el método Guerchet se definirá cuanto es la superficie que se necesita para colocar la maquina en la empresa.

##### ▪ Método GUERCHET

$$St = Ss + Sg + Se$$

St= Superficie total

Ss= Superficie estática

Sg= Superficie de gravitación

Se= Superficie de evolución

N= Numero de lados

n= Numero de recursos a utilizar

▪ **Dimensiones de la maquina:**

1550x1600x900. (1.55 m alto x 1.60m largo x 0,90m ancho)

$$\begin{aligned}
 Ss &= \text{largo} * \text{ancho} \quad Ss = 1.60 \times 0.90 = 1.44 \, m^2 \\
 Sg &= Ss * N \\
 Sg &= 1.44 \times 2 = 2.88 \, m^2 \\
 Se &= (Ss + Sg) (k) \\
 Se &= (1.44 + 2.88) 1.50 = 6.48 \, m^2 \\
 St &= 1.44 + 2.88 + 6.48 = 10.8 \, m^2
 \end{aligned}$$

Resumen de las operaciones realizadas para obtener el área que ocuparía la maquina productora de pellets (Tabla N°12):

**Tabla 12: Área de Producción de Pellets**

Área de producción de pellets									
ELEMENTO	n	N	Largo	Ancho	Ss	Sg	Altura (h)	Se	St
Elementos móviles									
Encargado / maquina	1.00	X	X	X	1.00	X	1.68	X	X
Elementos fijos									
Maquina peletizadora	X	2	1.60	0.90	1.44	2.88	1.55	6,48	10.8

**Fuente:** Elaboración Propia

**5.5.2.2. Distribución por proceso**

Ya que es un solo proceso y no guarda relación los otros procesos de la empresa, se busca evitar recorrer distancias largas y no interrumpir los otros procesos, se localizó un área de la empresa que no es utilizada con frecuencia, esta área será utiliza por la maquina peletizadora como se puede observar en la Figura N°22.

$$\text{Área disponible en } m^2 = 4 \times 3 = 12m^2$$

### 5.5.2.3. Distribución de máquinas – Producción de muebles

Para la ubicación de la maquina peletizadora se necesita distribuir dos equipos del proceso principal, cuyas superficies necesarias son (Tabla N°13):

**Tabla 13: Distribución maquinas**

Maquina	Superficie de estática	Superficie de gravitación	Superficie de evolución	Superficie total
Fresadora	0,3900	0,3900	1,17000	7,80000
comprensora	0,0480	0,0480	0,14400	0,96000

**Fuente:** *Elaboración Propia*

- **Método FACTORES PONDERADOS**

Con el apoyo de este método se podrá determinar la ubicación adecuada de las maquinas fresadora y comprensora.

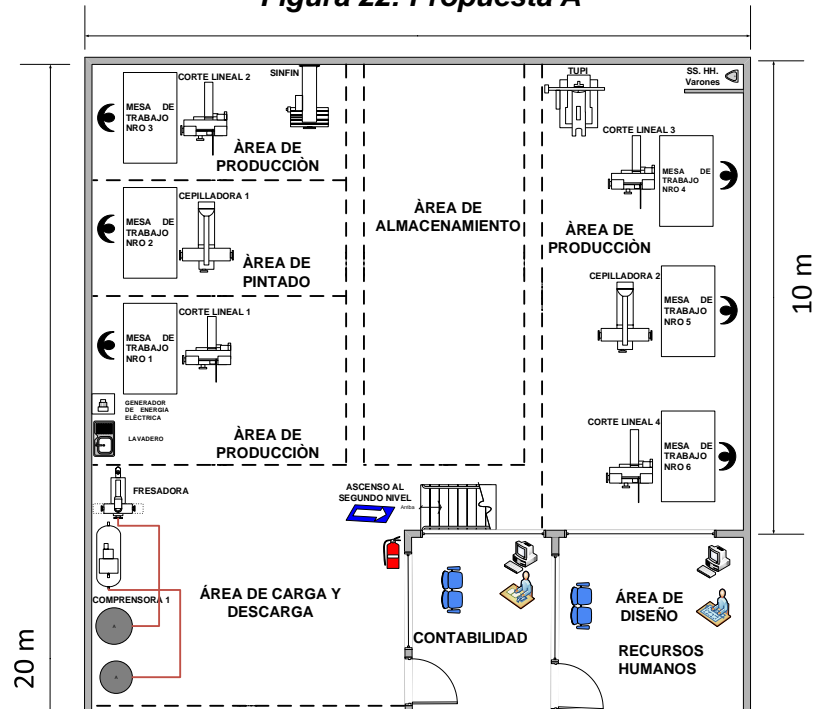
**PUNTAJE: 1 – 10**

**FACTORES RELEVANTES:**

1. Sale del proceso principal.
2. Reducir desplazamiento de los trabajadores.
3. Cercanía a conexiones eléctricas.
4. Interrumpe procesos.

➤ **Propuesta A:** La primera propuesta modifica la ubicación de la maquinaria, buscando evitar interrumpir los procesos, como se muestra en la figura N°22.

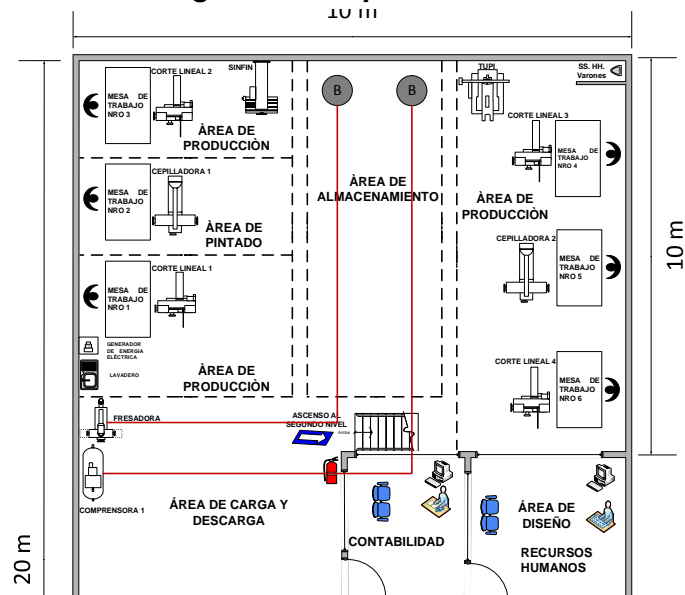
**Figura 22: Propuesta A**



**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Propuesta B:** En la propuesta B modifica la ubicación de las máquinas para evitar interrumpir los procesos y salir del proceso principal, como se puede visualizar en la figura N°23

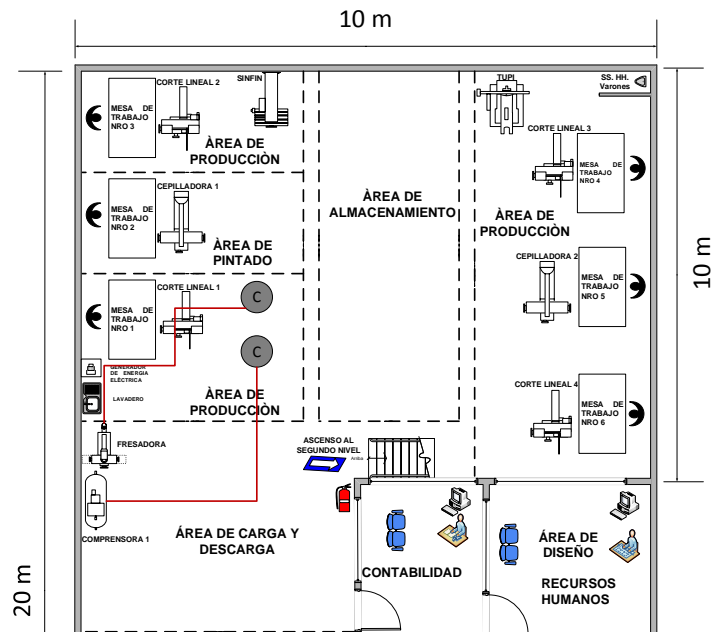
**Figura 23: Propuesta B**



**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Propuesta C:** En la propuesta C modifica la ubicación de las máquinas para evitar interrumpir los procesos y salir del proceso principal, como se puede visualizar en la figura N° 24.

**Figura 24: Propuesta C**



*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 14: Factor ponderado**

FACTOR	PESO	ALTERNATIVAS		
	RELATIVO	A	B	C
Sale del proceso principal.	45%	10	3	3
Reducir desplazamiento de los trabajadores.	30%	5	5	5
Cercanía a conexiones eléctricas	5%	1	1	3
Interrumpe procesos.	20%	1	1	5
TOTAL	100%	6.2	3.05	3.65

*Fuente: Elaboración propia*



DONDE:

$$A = 10 \times 0.45 + 5 \times 0.30 + 1 \times 0.10 + 1 \times 0.10 = 6.2$$

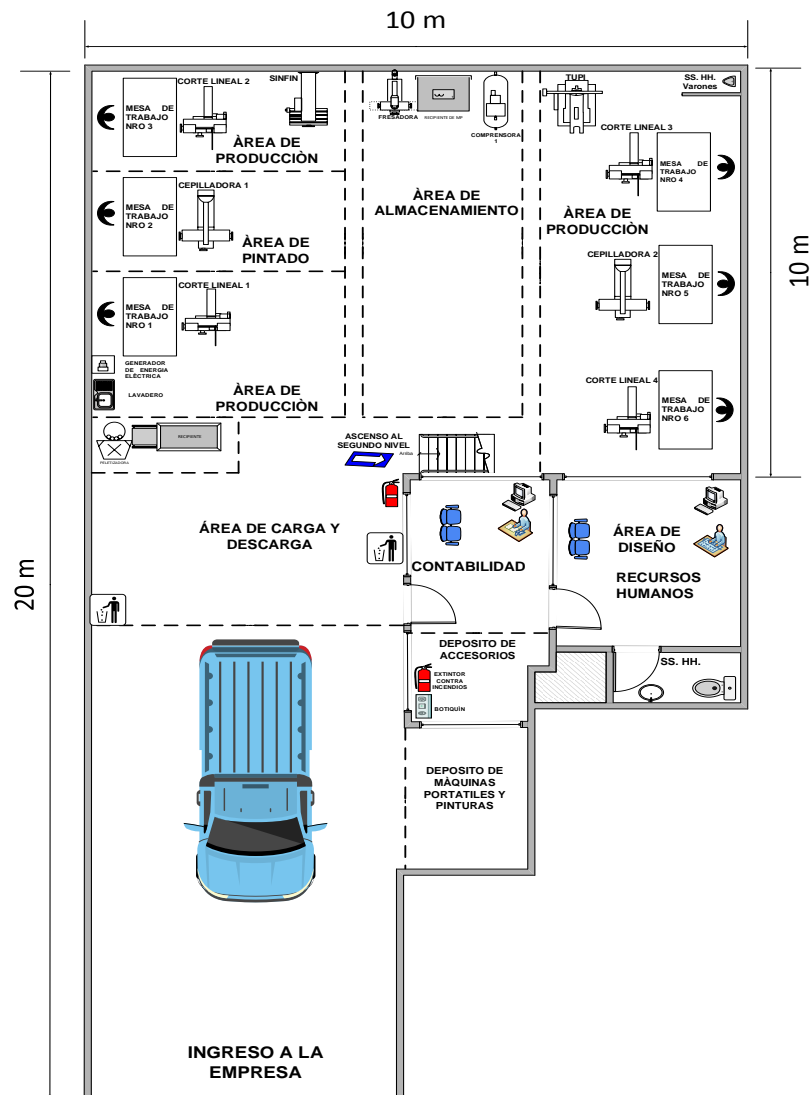
$$B = 3 \times 0.45 + 5 \times 0.30 + 1 \times 0.10 + 1 \times 0.10 = 3.05$$

$$C = 3 \times 0.45 + 5 \times 0.30 + 3 \times 0.10 + 5 \times 0.10 = 3.65$$

Según el método de factores ponderados, la propuesta B es la adecuada ya que no sale del proyecto principal, el desplazamiento de los trabajadores no es mayor, las conexiones eléctricas son cercanas y no interrumpe ningún proceso o actividad.

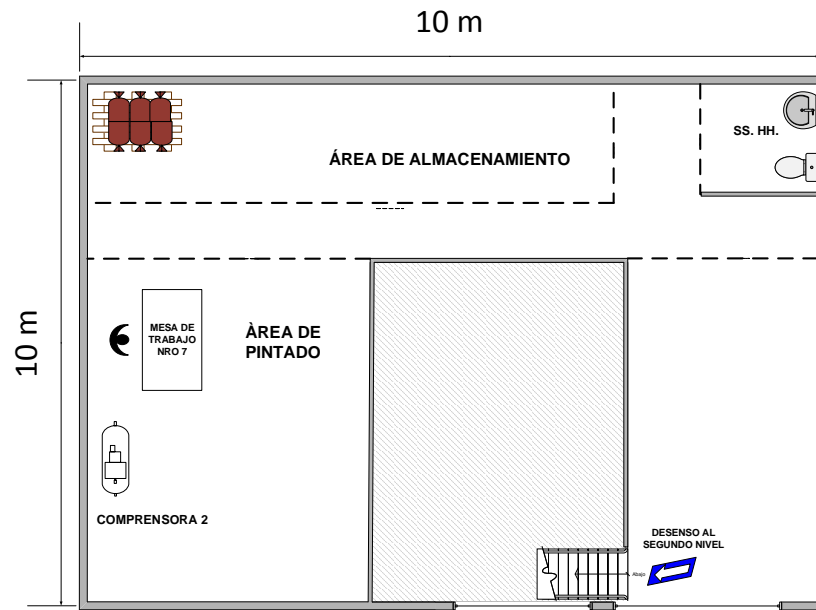
La distribución propuesta sería:

**Figura 25: Propuesta final - primera planta**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 26: Segunda**



*Fuente: Elaboración propia*

En la segunda planta, se mantendrá el almacén de materia prima (maderas, melamina) y el área de pintado, pues el almacén de producto terminado no interrumpirá ninguna actividad.

#### **5.5.2.4. Ventajas de la distribución por procesos**

Gracias a la distribución que se desea aplicar, evita que los procesos sean interrumpidos entre sí. Utilizar todas las áreas disponibles en la empresa que estén mal utilizados con restos de material utilizado o con los productos terminados dispersados por toda la empresa. Con estas medidas se busca verificar la regulación de seguridad y salud que se definen en la empresa; también reducir el transporte de los residuos generados en los procesos productivos al área de peletizado.

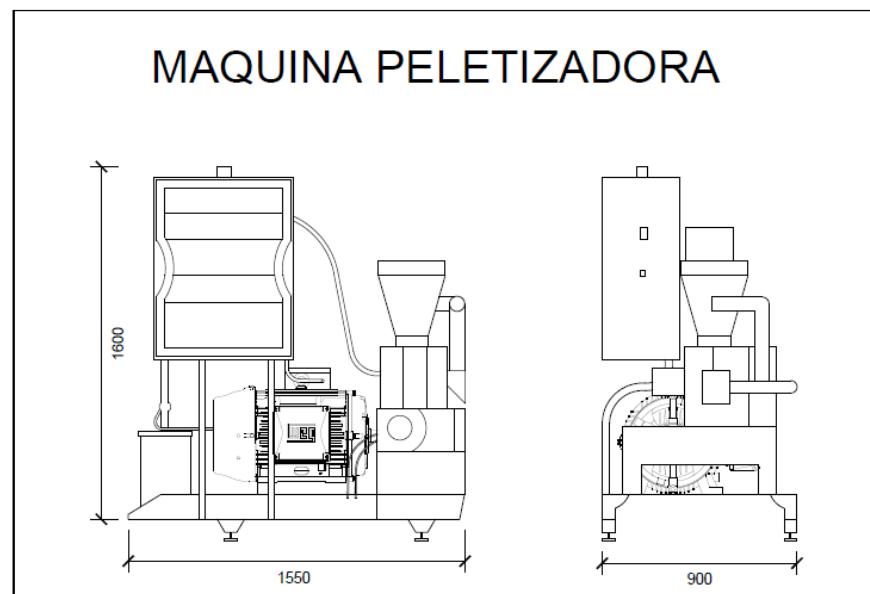
#### **5.5.3. Tecnología y Equipos**

La industrialización del aserrín obtenido de los procesos para la fabricación de muebles de madera necesita la utilización de una tecnología especializada.

##### **5.5.3.1. Maquinaria productora de Pellets**

La producción y calidad de los pellets depende de la maquinaria a utilizar, y existe variedad de equipos; para producción a menor escala o casera y producción a nivel industrial. La maquinaria se puede obtener por proceso o también como una mini planta con todos los procesos que se requieren para la fabricación de pellets [28]. La Figura N°27 muestra una maqueta de una máquina trituradora y productora de pellets.

**Figura 27: Maqueta de Maquina Peletizadora**



**Fuente:** Elaboración propia

#### **5.5.3.2. Maquina propuesta**

Entonces la máquina que se propone adquirir para la producción de pellets energéticos es:

##### **Peletizadora industrial PLT 400 -Smartec**

Peletizadora apropiada para la elaboración industrial de pellets de aserrín. Es usada en aserrerías, en la industria de la madera, su alta producción (200 a 500 Kg) es su carta de presentación, así como su diseño, ya que es posible pensar en la construcción de un equipo similar, Figura N°28 maquinaria ideal en producción de menor escala.

**Figura 28: Peletizadora Industrial**



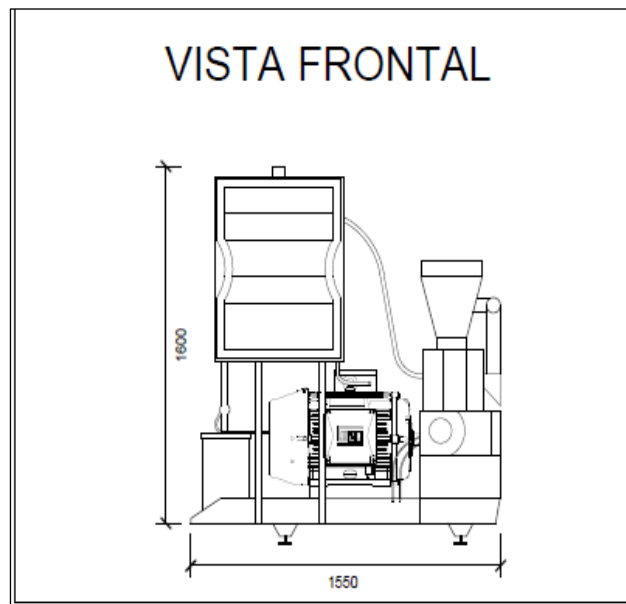
**Fuente:** Recuperado de <http://www.ecofritalia.com>

**a. Características**

- Accionamiento con motor eléctrico trifásico 37kW 400V.
- Consumo energía 32kW.
- Producción horaria: 200 - 500kg.
- Diámetro del pellet: 6mm.
- Se adapta a diversos materiales y requisitos de calidad.
- Dimensiones: 1550x1600x900. (1.55 m alto x 1.60m largo x 0,90m ancho)

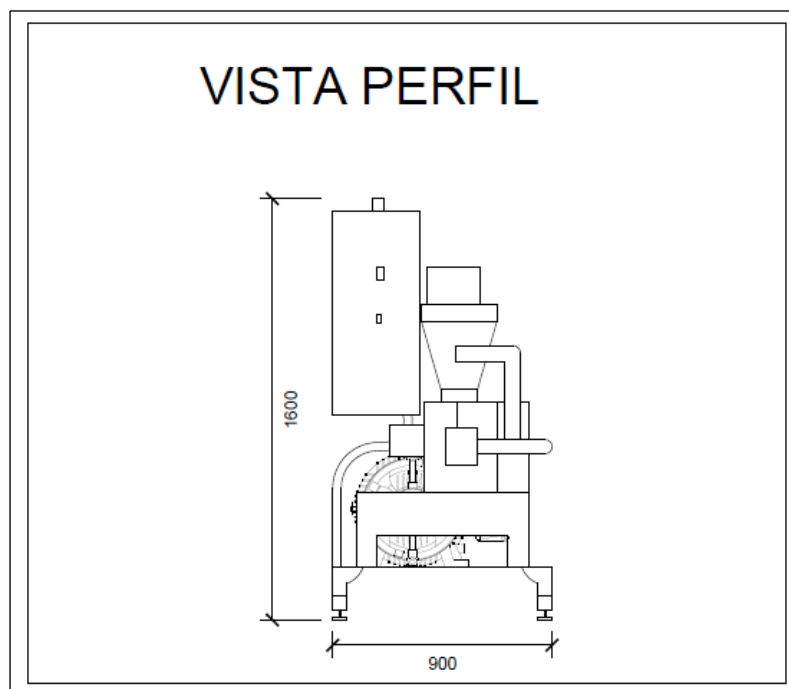
En las siguientes figuras se observa las vistas de la maquina propuesta Figura N°29 y Figura N°30:

**Figura 29: Vista Frontal**



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 30: Vista de Perfil**



**Fuente:** Elaboración Propia

### 5.5.5. Disponibilidad de mano de obra

Ya que el proceso no implica tener un trabajador a tiempo completo dedicado solo a la producción de pellets en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., y tomando en cuenta que su personal 6 personas que trabajan ocho horas diarias durante cinco días y el día sábado trabaja seis horas y la producción de pellets no es constante ya que se tiene que reunir todos los residuos, se puede trabajar con los mismos evitando así un gasto innecesario para la empresa, la Tabla N°15 muestra las horas/Hombre basadas en un recurso para la producción y la Tabla N°16 describe los costos de trabajo:

**Tabla 15: Disponibilidad de Mano de Obra**

HORAS DE TRABAJO	Horas
DIA	8
SEMANA	46
MES	184
AÑO	2208

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 16: Costo de Mano de Obra**

MUEBLERIAS "ALEXIS" S.R.L.			
CONTROL DE PAGOS MENSUAL	N° TRABAJAD ORES	REMUNERACIÓN MENSUAL	HORARIO DE TRABJO
MAESTROS CARPINTEROS Y MELAMINEROS	4	1,800.00	8 h/H
MAESTROS PINTORES	2	1,800.00	8h/H

*Fuente: Elaboración Propia*

### 5.5.6. Demanda

La empresa vende los residuos como la viruta y los retazos de madera a tres panificadoras, se pretende ofrecer a dichas panificadoras esta innovación mediante una charla brindando información y muestras del producto, se iniciará ofreciendo el producto a los propietarios de las panaderías adquirir el producto como muestra, se ira ofreciendo a las pollerías de la ciudad de Arequipa. A futuro con una producción de mayor escala se busca vender la producción a el país vecino de chile.

### 5.5.7. Disponibilidad Materia Prima

Para la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L. la materia prima viene de sus procesos de fabricación de muebles y para obtener una mayor cantidad de pellets será necesario realizar compra de aserrín de otras empresas localizadas en la ciudad.

Para este proyecto solo se utiliza la producción de la empresa como plan piloto para la producción donde se proceda a ingresar un promedio 10400 Kg de materia prima obtenidos por año para obtener de 9.113 toneladas de pellets de aserrín para el primer año del proyecto.

### 5.5.8. Capacidad de producción instalada

La capacidad Instalada de la empresa sería de 175.25 Kg. semanal, un total de 9.113 toneladas de pellets de aserrín anualmente.

La misma que se detalla en la tabla N°17:

**Tabla 17: Producción de Pellets**

Kilogramos de aserrín / Semana	Kilogramos de aserrín / año	Toneladas pellets energéticos / año
175.25	9113	9.113

**Fuente:** Elaboración Propia

Considerando que para los siguientes años se buscara proveedores de materia prima y así poder aumentar la utilización de la capacidad instalada.

#### **5.5.9. Determinación de la cantidad de Aserrín**

Para determinar los costos de los pellets es necesario antes determinar la cantidad de aserrín y viruta con la que se cuenta, ya que este es el insumo principal para su producción.

Para cumplir con la meta del proyecto se podrá poner en contacto con otras empresas para la adquisición de materia prima para continuar con la producción de pellets asegurando industrialización del aserrín.

#### **5.5.10. Reducción de riesgo de incendios**

Los riesgos de incendios están latentes ya que el aserrín acumulado está cerca de los equipos que se utilizan para la fabricación de muebles, entonces cualquier chispa que se produzca en la empresa se corre el riesgo de desencadenar un incendio en las instalaciones. Con esta propuesta se estará mitigando los riesgos de incendios cuidando la integridad de los trabajadores y la empresa [31]. Ya que se recopilará todo sobrante en cada proceso de fabricación y se reutilizara para la producción de pellets así se mantendrá limpiara toda la empresa.

Por otro lado, la empresa se encuentra ubicada en una zona céntrica de la ciudad y la acumulación de este material genera problemas de contaminación tanto en los trabajadores como en el área, ya que se tiene conocimiento del polvillo del aserrín produce enfermedades respiratorias.



## **CAPITULO 6**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

El objetivo del presente trabajo es realizar la propuesta de industrializar los residuos sólidos de madera en forma de pellets energéticos para permitir generar mayor valor agregado y disminuir los riesgos de incendios en la empresa Mueblería “Alexis S.R.L.” ya que al día no se consigue la cantidad necesaria para procesar la recopilación de todos los sobrantes entre aserrín y viruta será semanal, en este tiempo se obtuvo la cantidad de 200 Kg. de materia prima de los cuales 175.25 Kg. serán utilizados para la producción de pellets energéticos, los 12.5 Kg. restantes se fueron mermando en cada proceso. Al mes se juntará 800 Kg. y al año se tendrá una cantidad aproximada de 10,4000 Kg. y en producción de pellets energéticos la cantidad será de 9113 Kg.

#### **6.1. Cantidad de pellets energéticos**

Según el análisis realizado la producción de pellets el estimado de producción de acuerdo a la máquina, como ya se mencionó se tiene de materia prima la cantidad 200 kg por semana. Recuerde que se reduce un total del 12.5% teniendo una cantidad de 175.25 kg. procesados de los cuales se obtiene 26,962 unidades de pellets detalles en la Tabla N°18.

**Tabla 18: Cantidad de Pellets / Kg. / Semana**

CANTIDAD / UNIDADES	CANTIDAD / KG
1	0.0065
26962	175.25

**Fuente:** Elaboración Propia

## 6.2. Análisis de la Inversión para la Implementación de la Propuesta

A continuación, se procede a redactar los costos aproximados del costo de la maquinaria, la mano de obra, los costos de producción y el retorno de la inversión a largo plazo.

### 6.2.1. Costo fijo de maquinaria:

Los costos de inversión aproximados en maquinaria se muestran en las Tablas N° 19 y N°20:

**Tabla 19: Cotización de Maquinaria**

COTIZACION DE MAQUINARIA (EMPRESA ECOFRICALIA) / S	
2. Molino	3. 22,600.00
4. Peletizadora	5. 40,000.00
6. Total	7. 62,600.00

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 20: Inversión Total**

INVERSIÓN	TOTAL
Maquinaria	62,600.00

**Fuente:** Elaboración Propia

### 6.2.2. Costos de Producción variables:

En los costos de producción se incluirán; mano de obra, costos de energía mensual, costos de mantenimiento de la máquina, insumos para el producto acabado.

Costos que se requiere por mes, se brinda mayor detalle en la Tabla N°21:

**Tabla 21: Costo de Producción por Mes / año**

Descripción	Costo (S/.) / Mes	Costo (S/.) / Año
<b>Bolsas 0.50 unidad</b>	70.00	840.00
<b>Agua</b>	8.42	101.04
<b>Energía</b>	26.93	323.16
<b>Mano de obra</b>	184.00	2,208.00
<b>TOTAL</b>	289.35	3,472.20

**Fuente:** *Elaboración Propia*

### 6.2.3. Precio de venta del producto

El precio de venta de la producción se obtuvo realizando utilizando la regla de tres simples de los costos invertidos mensuales y la producción mensual:

$$X = \frac{20 \text{ kg.} \times 289.35 \text{ s/}}{701 \text{ kg.}}$$

$$X = 8.26 \text{ S/}.$$

El porcentaje de utilidad deseado será del 30%

$$PRECIO \text{ DE VENTA} = (8.26 \times 130\%) / 100$$

$$PRECIO \text{ DE VENTA} = 10.70 \text{ S/}.$$

$$PRECIO \text{ DE VENTA} = 8.26 + 10.70 = 18.99 \text{ S/}.$$

Además, se realizó una cotización de la venta por internet de pellets energéticos:

**Tabla 22: Venta online**

EMPRESA	PAIS	KILOGRAMOS	COSTO	SOLES
SODIMAC [37]	CHILE	18 KG.	9.49 USD	32.08 PEN
BIOMASA [38]	ESPAÑA	15 KG.	5.95 EUR	22.55 PEN
MERCADO LIBRE [39]	ARGENTINA	13 KG.	275 PESOS	20.48 PEN
AMAZON [40]	BRASIL	15 KG.	14.00 EUR	53.06 PEN

**Fuente:** Elaboración propia

Según, lo obtenido en producción más la investigación realizada se propone vender bolsas de 20 kg. a un precio de:

**Tabla 23: precio de Venta**

PRECIO DE VENTA S/.	
Bolsas de 20 kg	53.00

**Fuente:** Elaboración Propia

A la semana se tendría 9 bolsas, al mes 35 bolsas y al año sería 455 bolsas de pellets energéticos, de acuerdo a los costos descritos en la Tabla N°21 y se tiene la ganancia descrita en la Tabla N°24.

**Tabla 24: Ganancias venta de Pellets /Bolsa**

TIEMPO	NUMERO DE BOLSAS X 20 KG	COSTO S/.	COSTO TOTAL S/.
1 SEMANA	9	53.00	477.00
4 SEMANAS	35	53.00	1855.00
52 SEMANAS	455	53.00	24,115.00

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 6.2.4. Retorno de inversión Caso 1

Tener en cuenta que obtención de aserrín y viruta no genera costos adicionales, se realizó dicho análisis para conocer cual sería el retorno de inversión si los pellets energéticos se venderían al precio de venta del aserrín y viruta. El presente análisis no interviene en el retorno de inversión de la propuesta.

Como se menciona anteriormente, la empresa vende los trozos de madera y el aserrín a panificadoras aledañas al taller, el costo de las bolsas con un aproximado de 20 kg. Cada una es de S/. 18,00, esta venta es semanal:

**Tabla 25: Ganancia de venta de pellets / bolsa**

TIEMPO	NUMERO DE BOLSAS	COSTO	COSTO TOTAL
	X 20 KG	S/.	S/.
1 SEMANA	9	18.00	162.00
4 SEMANAS	35	18.00	630.00
52 SEMANAS	455	18.00	8,190.00

**Fuente:** Elaboración Propia

A continuación, se realizó un análisis de las ganancias mensuales y anuales descontando los costos variables de fabricación (Tabla N°26), los cuales se obtuvieron en la tabla N°21

**Tabla 26: Ingreso Neto**

	Mensual	Anual
Ingresos brutos	630.00	8,190.00
Costos variables	289.35	3,472.20
Ingreso Neto	340.65	4,717.80

**Fuente:** Elaboración Propia

Se calculó el VAN y el TIR para recuperar la inversión inicial por la compra de la maquinaria, teniendo como resultado una tasa de retorno de 1% como se detalla en la Tabla N°25, habiendo utilizado una tasa de descuento del 15% en

un financiamiento de 14 años. El monto del valor actual neto es negativo –S/. 27,905.44, por ende, la inversión no es rentable. Uno de los factores es el costo de venta muy bajo para producción que tiene la empresa. Véase tabla N°27.

**Tabla 27: VAN Y TIR**

	INVERSION	AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO5	AÑO6	AÑO7	AÑO8	AÑO9	AÑO10	AÑO11	AÑO12	AÑO13	AÑO14
	-62600	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8	4717.8
<b>VAN</b>	-S/ 27,845.44														
<b>TIR</b>	1%														

**Fuente:** Elaboración Propia

## 6.2.4. Retorno de inversión – Caso 2

### a. Análisis de flujo de caja proyectado

La inversión total del costo de la maquinaria es S/. 62,600.00, con un financiamiento para la compra de la maquinaria (financiación Bancaria, con una tasa de interés del 15%), se tiene un total a pagar de S/. 107,395.71; véase en anexo N°5. Teniendo de conocimiento que el ciclo de vida de la maquinaria es de 06 años y el horizonte de vida del proyecto es de 8 años tenemos:

$$X = \frac{S/.107,395.71}{08 \text{ Años}} \rightarrow X = S/.13424.4$$

El costo fijo a pagar durante los 08 años es de S/. 13,424.40 por la maquina pelletizadora.

Los costos variables proyectados (costos de mano de obra e insumos), para el año 01 son de S/. 3,472.20, durante el horizonte de vida del proyecto se procede a incrementar un 5% a cada año:

$$X = 3,472.20 \times 0.05 \rightarrow X=173.61$$

Cada año el incremento en los costos variables será de S/. 173.61

Los costos de venta proyectado del producto terminado anuales son de S/. 24,115.00 según tabla N°24. Según la información previa se obtiene el flujo de caja proyectado como se puede observar en la tabla N°28 cada año se genera un saldo de flujo de caja.

**Tabla 28: Flujo de caja**

DATOS		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
INGRESOS	VENTAS		24115.00	24115.00	24115.00	24115.00	24115.00	24115.00	24115.00	24115.00
EGRESOS	COSTO FIJO	107,395.71	13424.40	13424.40	13424.40	13424.40	13424.40	13424.40	13424.40	13424.40
	COSTO VARIABLES		3472.20	3645.81	3819.42	3993.03	4166.64	4340.25	4513.86	4687.47
TOTAL DE EGRESOS			16896.60	17070.21	17243.82	17417.43	17591.04	17764.65	17938.26	18111.87
SALDO DE FLUJO DE CAJA			7218.40	7044.79	6871.18	6697.57	6523.96	6350.35	6176.74	6003.13



**Fuente:** *Elaboración Propia*

#### **b. VAN y TIR**

En el cálculo del VAN y el TIR se tiene como resultado una tasa de retorno de 15% como se detalla en la Tabla N°29, habiendo utilizado una tasa de descuento del 15% en un financiamiento de 08 años. El monto del valor actual neto es de S/. 1,202.23, donde la suma de la inversión inicial y el VAN superan es costo total de inversión del proyecto (S/. 108,597.94) por lo que se tiene como resultado una inversión rentable. En conclusión, el proceso productivo de pellets energéticos considera un horizonte de vida de 08 años, generando ingresos y utilidades a partir del primer año. Como se indica en el Tabla N°28 flujo de caja, considerándose un proyecto viable.

**Tabla 29: VAN y TIR**

		AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO5	AÑO6	AÑO7	AÑO8
	-107,395.71	20642.8	20469.19	20295.58	20121.97	19948.36	19774.75	19601.14	19427.53
VAN	S/.1,202.23								
TIR	15%								

**Fuente:** *Elaboración Propia*

### **6.3. Estudio de Mercado**

Para el presente trabajo se recopiló información sobre el uso de los pellets en la actualidad a nivel mundial, también se analizó los posibles mercados a donde será dirigido el producto terminado [19].

#### **6.3.1. Mercado de Pellets**

La tecnología de la peletización en la actualidad viene siendo una de las mejores alternativas para el aprovechamiento de la energía de los residuos generados por empresas de diferentes procesos como ejemplo la industria dedicada a la manufactura de la madera y productos de madera también es una forma de reducir el volumen de los residuos generados.

Actualmente, son diversos los países que mantienen una producción sostenida de pellets de madera, con el fin de satisfacer sus requerimientos de energía limpia y la comercialización de estos.

#### **6.3.1.1. Mercado Regional y nacional**

En la actualidad la industria de panadería y las pollerías artesanales utilizan el carbón vegetal, lo que genera un daño al medio ambiente ya que la tala indiscriminada de árboles para producir el carbón deja si flora al país y como contaminante por las emisiones de CO<sub>2</sub> en la quema de madera [41], donde la ley Forestal y de Fauna Silvestre, Ley N° 29763 establece como infracciones por la adquisición, transformación, comercialización o posesión de productos forestales, extraídos sin autorización.

En el Perú según los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el año 2010, en el Perú 2,8 millones de personas que utilizaron combustibles sólidos para cocinar en sus hogares de los cuales 1,6 millones correspondientes al área rural [41]. El consumo total de carbón vegetal y leña en el Perú fue de 4 toneladas al año [42]. Y en la región de Arequipa la producción de carbón vegetal para el año 2016 fue de 10,230.00 kg. de carbón vegetal y la demanda tuvo un promedio de 8,300.00 kg. [42].

- a. Costo de Carbón vegetal:** El costo de carbón vegetal por kg. es de 4.00 nuevos soles por mayor, en 20 kg. el costo es 80.00 nuevos soles.
- b. Producción de pellets:** Se estima tener una producción de pellets energéticos al año de 9,113.00 kg.
- c. Costo de pellets:** El costo de pellets energéticos por kg. es de 2.60 nuevos soles por mayor, en 20 kg. el costo es 53.00 nuevos soles.

Entonces la demanda de carbón en la región Arequipa puede ser abastecida con la oferta de pellets energéticos y su uso reemplazaría paulatinamente en:

- Hornos artesanales o industriales.
- Su aplicación para la obtención de calefacción y los pellets energéticos pueden ser utilizados por la misma empresa como combustible en sus procesos productivos.

La existencia de un mercado hace que el proyecto presentado sea viable.

#### **6.4. Análisis sobre la eliminación de los riesgos de incendios**

Con la industrialización de los residuos sólidos en la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., las áreas de trabajo no estarán bloqueadas con el aserrín y trozos de madera. y El ambiente de trabajo no estará bloqueado y las zonas donde este material se acumulaba están libres para ser utilizado para otra actividad o proceso.

## **CONCLUSIONES**

- Se realiza la propuesta para la industrializar los residuos sólidos en forma de pellets energéticos, por el método extrusión, para obtener la producción 175.25 kg de pellets a la semana, en un mes 701 kg y 9113 kg en un año, en un área de 12.00 m<sup>2</sup> y así generar un mayor valor agregado para la empresa Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.
- Al analizar la situación actual de los residuos sólidos en la empresa, no utiliza los residuos sólidos que generan en sus procesos por ende no tiene conocimiento de un proceso de industrialización, que promueva la reutilización de residuos a través de su aprovechamiento, registrando un total de 200 kg de residuos semanales, 800 kg mensuales y 10400 kg al año.
- Se propone el proceso de peletización de residuos sólidos de madera por extrusión el cual consiste en: secado de la materia prima, el triturado de la materia prima (viruta y trozos de madera), prosigue el proceso de peletizado donde se obtendrá 175.25 kg de pellets a la semana, en un mes 701 kg y 9113 kg de producto terminado.
- Se genera el mayor valor agregado en Mueblerías “ALEXIS” S.R.L., por la venta de pellets energéticos de S/. 24,115.00 al año; siendo el costo de producción de S/. 16,896.60, resultando una utilidad de S/. 7,218.40 referidos al año 01 para el caso 2 de un horizonte del proyecto de 08 años; donde el VAN es S/. 1,202.60 y el TIR es de 15%. Se disminuye el riesgo de incendios ya que los residuos producidos por la

fabricación de muebles de madera van a ser utilizados en la fabricación de pellets energéticos.

### **RECOMENDACIONES**

- Buscar proveedores de materia prima en los aserraderos de la ciudad de Arequipa como en otras carpinterías para utilizar en forma adecuada el tamaño de capacidad instalada en la empresa e incrementar la producción de los pellets energéticos.
- Aplicar los resultados obtenidos en el presente trabajo para otras empresas con las mismas características, a nivel regional y nacional.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: Artículo**

**Tema: Soluciones medioambientales en carpintería y mueble, Fuente: Confederación Española de Empresarios de la Madera, Confemadera (2009)**

El reciclaje sea en cualquier industria favorece a la población y medio ambiente, gracias a este artículo se logró conocer la reutilización de los residuos sólidos generados en la fabricación de muebles de madera.

Con este proceso esperan disminuir considerablemente los efectos que causan los residuos sobre el medio ambiente. Existen proyectos que en Europa que se dedican a velar por el cuidado del medio ambiente “El proyecto Reintegra”, aprobado en el marco del programa Life-Medio Ambiente de la Unión Europea, este proyecto apuesta sobre el sector español de la madera para su ajuste con el medioambiente. Este proyecto tiene un alista de objetivos donde su mayor preocupación es la reutilización de los residuos de madera producto de cada proceso industrial, entonces tener un proceso donde estos residuos sean utilizados teniendo en cuenta que se podrían emplear para el mismo proceso en sí y que además disminuya la contaminación ambiental es un punto importante.

## **ANEXO 2: FOTOGRAFIAS**

**Foto 1. Acumulación de retazos de madera y aserrín**



**Foto 2. Trozos de madera acumulados en la segunda planta**






**Foto 3. Acumulación de aserrín en áreas de trabajo**



**Foto 4. Vista panorámica de las áreas de trabajo en la empresa**



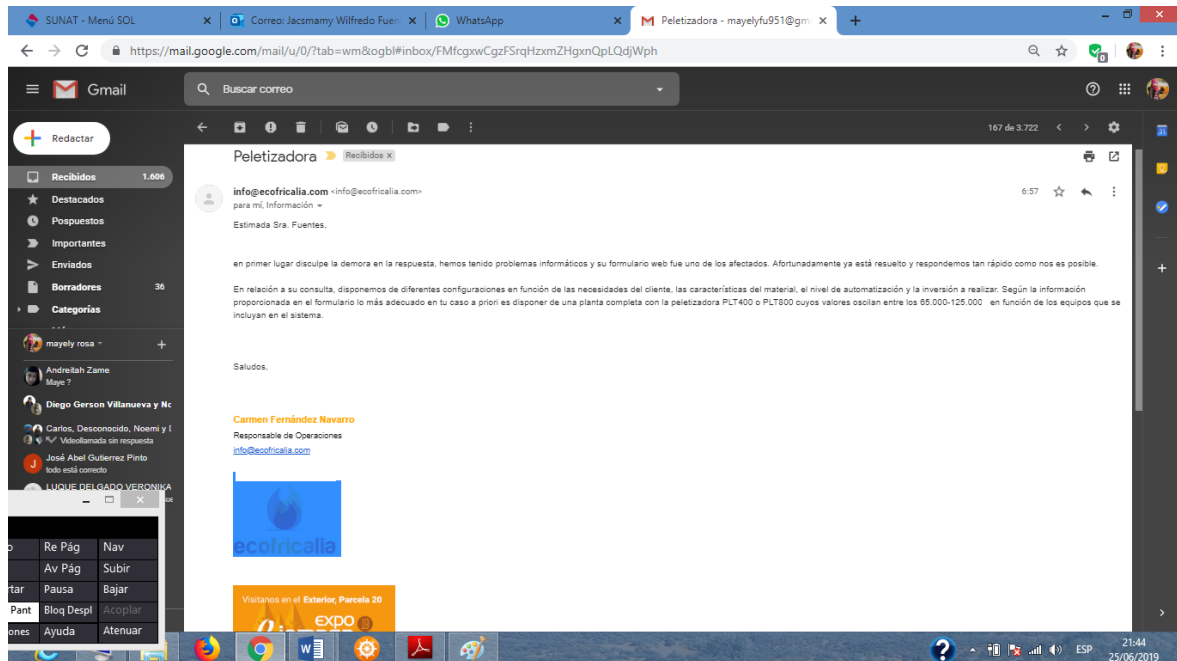
### ANEXO 3: Formato de pesaje diario de residuos sólidos:

		EMPRESA MUEBLERÍAS "ALEXIS" S.R.L.				
		AL-OP-FR-001	VERSION: 01	FECHA: 16-04-2018		
FORMATO DE PESAJE DIARIO DE RESIDUOS SÓLIDOS						
	Fecha (ddmmaaaa)	Reciclaje		Ordinarios	Total día	Total semana
		aserrín / viruta Kg	Trozos de madera Kg	Kg	Kg	Kg
1	16/04/2018	22	5		27	
2	17/04/2018	12	8		20	
3	18/04/2018	18	10		28	
4	19/04/2018	30	10		40	
5	20/04/2018	32	8		40	
6	21/04/2018	15	5		20	
7	28/04/2018	108	65			173
8	1/05/2018	32	10		42	
9	2/05/2018	28	12		40	
10	3/05/2018	25	8		33	
11	30/05/2018	30	10		40	
12	1/06/2019	34	11		45	
13	2/06/2019	30	8		38	
14	3/06/2019	28	10		38	
15	4/06/2019	35	10		45	
16	11/06/2018	115	75			190
17	18/06/2018	122	77			199
18	19/11/2018	34	10		44	
19	20/11/2018	31	8		39	
20	21/11/2018	35	12		47	
21	22/11/2018	36	10		46	
22	23/11/2018	33	7		40	
23	24/11/2018	28	14		42	
24	3/12/2018	35	10		45	
25	4/12/2018	35	9		44	
26	5/12/2018	30	7		37	
27	6/12/2018	26	10		36	
28	7/12/2018	34	10		44	
29	11/02/2019	124	80			204
	18/02/2019	117	84			201
	25/02/2019	120	80			200
	12/03/2019	120	82			202
TOTAL EN KG		1554	775	0	960	1369
GRAN TOTAL RESIDUOS SOLIDOS						

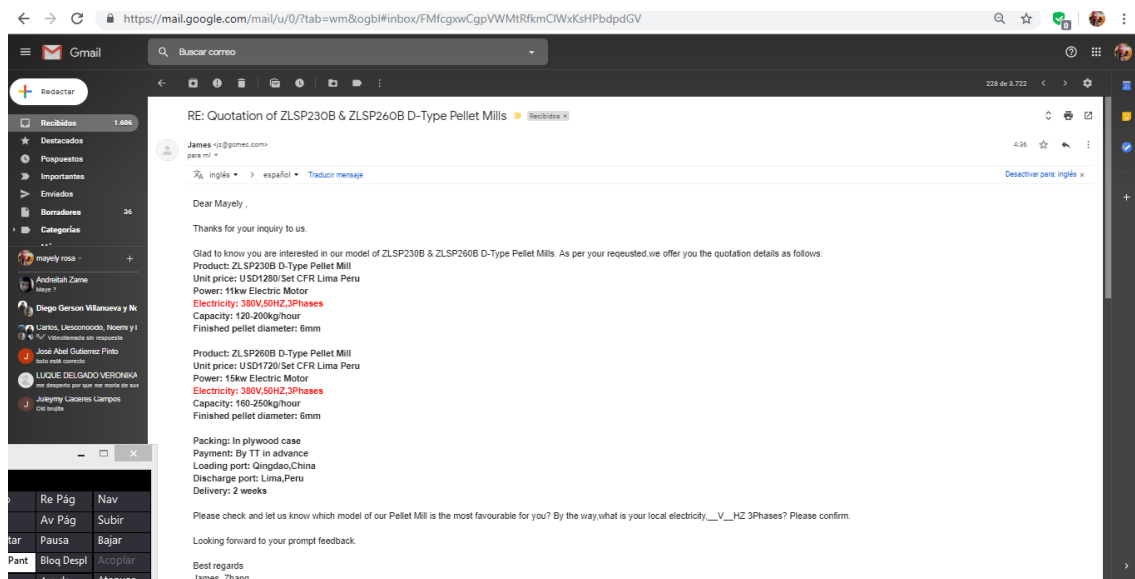


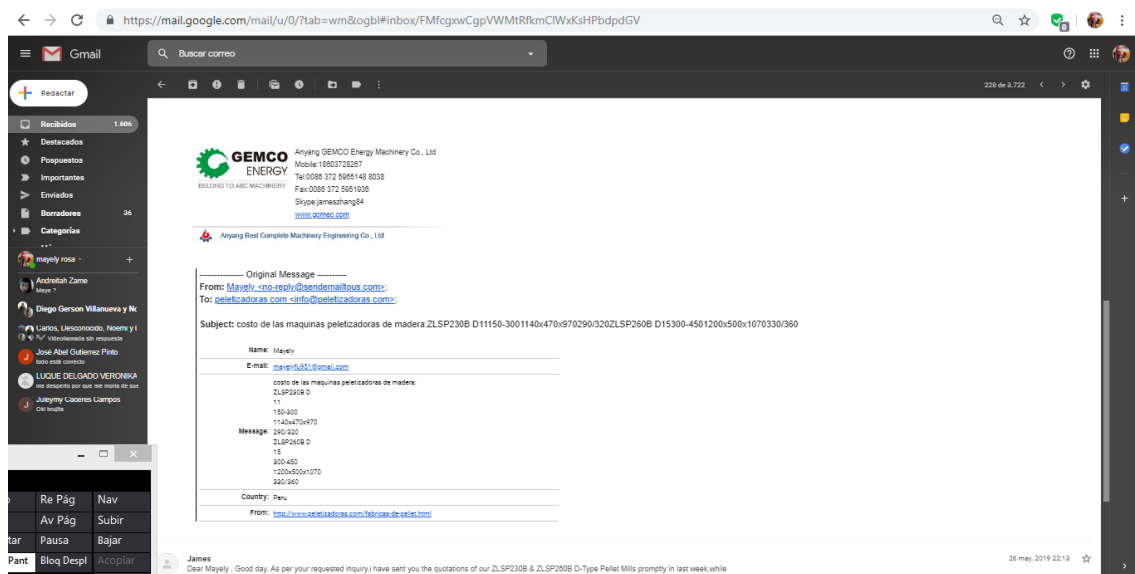
## ANEXO 4: Correos de cotizaciones

### Screenshot 1. ECOFRICALIA

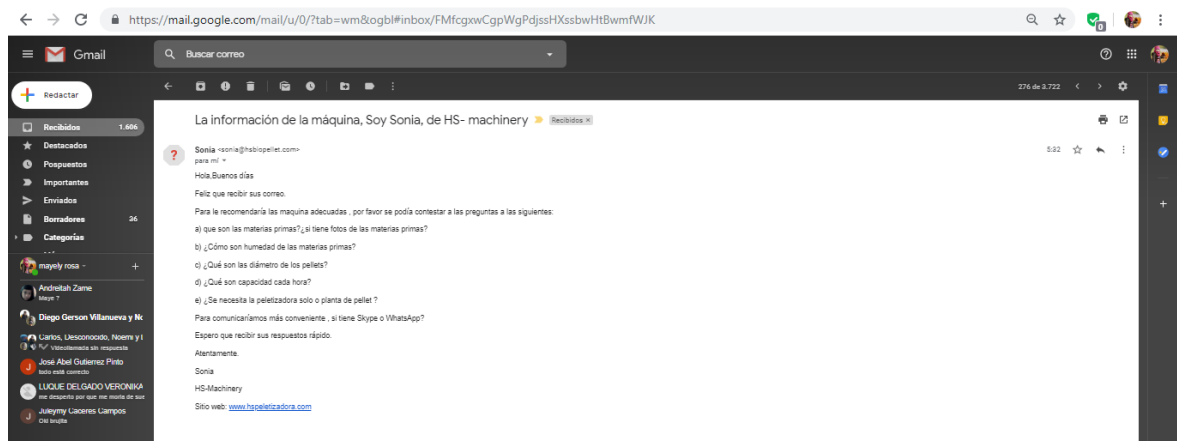


### Screenshot 2. GEMCO ENERGY





### Screenshot 3: HS- machinery



### Screenshot 3: EMCC



## ANEXO 5: análisis de préstamo – Entidad Financiera CAJA AREQUIPA

OJAQA205

CAJA MUNICIPAL DE AHORRO Y CREDITO DE AREQUIPA S.A

Fecha : 21/10/19

Hora : 18:03:50

Página : 1

CALCULADORA PARA TRABAJO INTERNO

Usuario GALLEGOS BERNEDO LISBETH KARE

Datos Generales

Producto : Simulador Activas

Sucursal : CAYMA

Especie : Billete

Cuenta : 999999999 CUENTA MIGRACION

Fecha Valor: 21/10/19

Tasa Fija/Variable?: Fija

Capital a financiar: 62,600.00

Tasa: 15.000000 Efectiva anual

Modalidad : Francés con Seg.e Impu.

Moneda : SOL

Precio : 0.00000000

Operación : 8208538 / 0

Fecha Vto.: 21/10/27

DOCUMENTO SIN VALOR COMERCIAL

Plan de Pagos

Nro	Fecha	Capital	Interés	Impuestos	Seguros	Comisión Cuota	Cuota
1	21/11/19	329.45	757.95	0.00	31.30	0.00	1,118.70
2	21/12/19	358.07	729.49	0.00	31.14	0.00	1,118.70
3	21/01/20	338.12	749.62	0.00	30.96	0.00	1,118.70
4	21/02/20	342.38	745.53	0.00	30.79	0.00	1,118.70
5	21/03/20	394.80	693.28	0.00	30.62	0.00	1,118.70
6	21/04/20	351.68	736.60	0.00	30.42	0.00	1,118.70
7	21/05/20	379.08	708.58	0.00	30.24	0.00	1,118.70
8	22/06/20	337.28	751.37	0.00	30.05	0.00	1,118.70
9	21/07/20	412.11	676.71	0.00	29.88	0.00	1,118.70
10	21/08/20	370.35	718.67	0.00	29.68	0.00	1,118.70
11	21/09/20	375.02	714.19	0.00	29.49	0.00	1,118.70
12	21/10/20	402.77	686.62	0.00	29.31	0.00	1,118.70
13	21/11/20	384.83	704.77	0.00	29.10	0.00	1,118.70
14	21/12/20	412.40	677.39	0.00	28.91	0.00	1,118.70
15	21/01/21	394.87	695.12	0.00	28.71	0.00	1,118.70
16	22/02/21	377.45	712.74	0.00	28.51	0.00	1,118.70
17	22/03/21	471.34	619.04	0.00	28.32	0.00	1,118.70
18	21/04/21	432.63	657.99	0.00	28.08	0.00	1,118.70
19	21/05/21	437.90	652.91	0.00	27.87	0.00	1,118.70
20	21/06/21	421.53	669.52	0.00	27.65	0.00	1,118.70
21	21/07/21	448.40	642.86	0.00	27.44	0.00	1,118.70
22	21/08/21	432.50	658.99	0.00	27.21	0.00	1,118.70
23	21/09/21	437.95	653.75	0.00	27.00	0.00	1,118.70
24	21/10/21	464.51	627.41	0.00	26.78	0.00	1,118.70
25	22/11/21	428.46	663.69	0.00	26.55	0.00	1,118.70
26	21/12/21	496.10	596.27	0.00	26.33	0.00	1,118.70
27	21/01/22	460.99	631.63	0.00	26.08	0.00	1,118.70
28	21/02/22	466.80	626.05	0.00	25.85	0.00	1,118.70
29	21/03/22	533.05	560.03	0.00	25.62	0.00	1,118.70
30	21/04/22	479.41	613.94	0.00	25.35	0.00	1,118.70
31	21/05/22	505.19	588.40	0.00	25.11	0.00	1,118.70
32	21/06/22	491.82	602.02	0.00	24.86	0.00	1,118.70
33	21/07/22	517.37	576.72	0.00	24.61	0.00	1,118.70
34	22/08/22	485.39	608.95	0.00	24.36	0.00	1,118.70
35	21/09/22	529.61	564.98	0.00	24.11	0.00	1,118.70
36	21/10/22	536.08	558.77	0.00	23.85	0.00	1,118.70
37	21/11/22	524.10	571.02	0.00	23.58	0.00	1,118.70
38	21/12/22	549.03	546.35	0.00	23.32	0.00	1,118.70
39	21/01/23	537.63	558.03	0.00	23.04	0.00	1,118.70
40	21/02/23	544.40	551.52	0.00	22.78	0.00	1,118.70
41	21/03/23	604.30	491.90	0.00	22.50	0.00	1,118.70
42	21/04/23	558.89	537.61	0.00	22.20	0.00	1,118.70
43	22/05/23	565.94	530.84	0.00	21.92	0.00	1,118.70
44	21/06/23	590.07	506.99	0.00	21.64	0.00	1,118.70
45	21/07/23	597.28	500.08	0.00	21.34	0.00	1,118.70
46	21/08/23	588.05	509.61	0.00	21.04	0.00	1,118.70
47	21/09/23	595.46	502.49	0.00	20.75	0.00	1,118.70
48	21/10/23	619.04	479.21	0.00	20.45	0.00	1,118.70
49	21/11/23	610.77	487.79	0.00	20.14	0.00	1,118.70
50	21/12/23	634.05	464.81	0.00	19.84	0.00	1,118.70
51	22/01/24	611.12	488.06	0.00	19.52	0.00	1,118.70
52	21/02/24	649.26	450.22	0.00	19.22	0.00	1,118.70
53	21/03/24	672.03	427.78	0.00	18.89	0.00	1,118.70
54	22/04/24	636.24	463.90	0.00	18.56	0.00	1,118.70
55	21/05/24	687.50	412.96	0.00	18.24	0.00	1,118.70
56	21/06/24	667.52	433.29	0.00	17.89	0.00	1,118.70
57	22/07/24	675.93	425.21	0.00	17.56	0.00	1,118.70
58	21/08/24	697.98	403.50	0.00	17.22	0.00	1,118.70
59	21/09/24	693.25	408.58	0.00	16.87	0.00	1,118.70
60	21/10/24	714.97	387.20	0.00	16.53	0.00	1,118.70
61	21/11/24	711.00	391.53	0.00	16.17	0.00	1,118.70
62	21/12/24	732.40	370.49	0.00	15.81	0.00	1,118.70
63	21/01/25	729.20	374.05	0.00	15.45	0.00	1,118.70
64	21/02/25	738.40	365.22	0.00	15.08	0.00	1,118.70
65	21/03/25	782.38	321.61	0.00	14.71	0.00	1,118.70
66	21/04/25	757.57	346.81	0.00	14.32	0.00	1,118.70
67	21/05/25	778.08	326.68	0.00	13.94	0.00	1,118.70
68	21/06/25	776.94	328.21	0.00	13.55	0.00	1,118.70
69	21/07/25	797.07	308.46	0.00	13.17	0.00	1,118.70
70	21/08/25	796.77	309.16	0.00	12.77	0.00	1,118.70
71	22/09/25	797.10	309.23	0.00	12.37	0.00	1,118.70

## CALCULADORA PARA TRABAJO INTERNO

Usuario GALLEGOS BERNEDO LISBETH KARE

## Datos Generales

Producto : Simulador Activas  
 Sucursal : CAYMA  
 Especie : Billete  
 Cuenta : 999999999 CUENTA MIGRACION  
 Fecha Valor: 21/10/19  
 Tasa Fija/Variable?: Fija  
 Capital a financiar: 62,600.00  
 Tasa: 15.000000 Efectiva anual

Modalidad : Francés con Seg.e Impu.  
 Moneda : SOL  
 Precio : 0.00000000  
 Operación : 8208538 / 0  
 Fecha Vto.: 21/10/27

## DOCUMENTO SIN VALOR COMERCIAL

## Plan de Pagos

Nro	Fecha	Capital	Interés	Impuestos	Seguros	Comisión Cuota	Cuota
72	21/10/25	835.68	271.05	0.00	11.97	0.00	1,118.70
73	21/11/25	827.41	279.74	0.00	11.55	0.00	1,118.70
74	22/12/25	817.84	269.72	0.00	11.14	0.00	1,118.70
75	21/01/26	856.83	251.15	0.00	10.72	0.00	1,118.70
76	21/02/26	859.21	249.20	0.00	10.29	0.00	1,118.70
77	21/03/26	893.28	215.56	0.00	9.86	0.00	1,118.70
78	21/04/26	881.31	227.98	0.00	9.41	0.00	1,118.70
79	21/05/26	899.47	210.26	0.00	8.97	0.00	1,118.70
80	22/06/26	897.06	213.12	0.00	8.52	0.00	1,118.70
81	21/07/26	927.75	182.87	0.00	8.08	0.00	1,118.70
82	21/08/26	926.76	184.33	0.00	7.61	0.00	1,118.70
83	21/09/26	938.44	173.11	0.00	7.15	0.00	1,118.70
84	21/10/26	955.52	156.50	0.00	6.68	0.00	1,118.70
85	21/11/26	962.32	150.18	0.00	6.20	0.00	1,118.70
86	21/12/26	978.95	134.03	0.00	5.72	0.00	1,118.70
87	21/01/27	986.80	126.67	0.00	5.23	0.00	1,118.70
88	22/02/27	995.53	118.45	0.00	4.74	0.00	1,118.70
89	22/03/27	1,021.78	92.68	0.00	4.24	0.00	1,118.70
90	21/04/27	1,027.60	87.37	0.00	3.73	0.00	1,118.70
91	21/05/27	1,040.15	75.33	0.00	3.22	0.00	1,118.70
92	21/06/27	1,050.74	65.26	0.00	2.70	0.00	1,118.70
93	21/07/27	1,065.69	50.84	0.00	2.17	0.00	1,118.70
94	21/08/27	1,077.42	39.64	0.00	1.64	0.00	1,118.70
95	21/09/27	1,091.01	26.59	0.00	1.10	0.00	1,118.70
96	21/10/27	1,105.26	12.95	0.00	1.00	0.00	1,119.21

## Resumen

Total Capital	62,600.00
Total Interés	42,987.55
Total Comisiones Desembolso	0.00
Total Comisiones Cuotas	0.00
Total Impuestos	0.00
Total Seguros	1,808.16
Total a Pagar	107,395.71

NOTA: LAS CUOTAS DE LA PRESENTE SIMULACIÓN HAN SIDO CALCULADAS CON DATOS REFERENCIALES.

## **GLOSARIO**

1. **Reciclaje:** “operación compleja que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos, ya sea total o parcial en la composición definitiva. Por lo tanto, el reciclaje y los residuos, responden a diversas actividades que pueden llevarse a cabo sobre los diferentes flujos de residuos para aprovecharse, desde el mismo uso hasta otra aplicación” (Castells, 2012).
2. **Estándares:** “proceso mediante el cual las opciones del individuo, sus ideas y modos de comportamiento son simplificados según un patrón común creado” (El diccionario Océano Uno, 1990).
3. **Industrializar:** “organización del proceso productivo que, de forma racional y automatizada, implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción, fabricación y gestión, bajo la perspectiva de una lógica” (Del Águila García 2008).
4. **Corrosión:** “destrucción o deterioro continuo a través del tiempo de un material debido a una reacción química o electroquímica con el medio ambiente o el micro ambiente donde se encuentra trabajando u operando el material en cuestión” (Keyser, Doyler. Materia/es y procesos de manufactura poro ingenieros).

5. **Fabricar:** “acción de elaborar productos, a partir del uso de materia prima de acuerdo al producto”
6. **Producción:** “Es la creación de un bien o servicio mediante la combinación de factores necesarios para conseguir satisfacer la demanda del mercado” (Estrategia de producción, 2006).
7. **Subproducto:** “productos de valor de venta limitado, elaborados de manera simultánea con productos de valor de venta mayor, conocidos como productos principales; los subproductos pueden resultar de la limpieza de productos principales o de la preparación de materias prima antes de su utilización en la manufactura de los principales, o pueden ser desechos que quedan después del procesamiento” (Fabozzi, Adelberg y Kole, 2017)
8. **Extrusión:** La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.
9. **Densidad:** “magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos” (Julián Pérez Porto y Ana Gardey, 2012)
10. **Tamizado:** “la acción de hacer que alguna sustancia atraviese un tamiz (un instrumento que permite separar las partículas más grandes de otras más pequeñas)” (Julián Pérez Porto y Ana Gardey, 2016)



## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] S. A. DOPAZO, «TRATAMIENTOS DE RESIDUOS,» mayo 2013. [En línea]. Available: <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/3977/Mazzuchelli.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 11 mayo 2018].
- [2] R. PROFESIONAL, «UNA NUEVA PLANTA DE PELLETS TRATARÁ 25.000 TONELADAS DE RESIDUOS FORESTALES AL AÑO EN HUELVA,» 03 diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.residuosprofesional.com/una-nueva-planta-de-pellets-tratara-25-000-toneladas-de-residuos-forestales-al-ano-en-huelva/>. [Último acceso: 11 mayo 2018].
- [3] M. d. I. Producción, «REPORTE DE PRODUCCION MANUFACTURERA,» DICIEMBRE 2017. [En línea]. Available: <http://ogeiee.produce.gob.pe>. [Último acceso: 21 07 2019].
- [4] O. d. I. N. U. p. I. A. y. I. A. y. el, «LA INDUSTRIA DE LA MADERA EN EL PERÚ,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.fao.org>. [Último acceso: 21 07 2019].
- [5] SUNAT, «Censo manufactura,» 2007.
- [6] R. 2. SUNAT Registro, «Censo Manufactura,» 2007.
- [7] G. GONZALES, «DESAFÍO PARA EL SECTOR MADERERO: Normalización, Calidad y Certificación,» 2008. [En línea]. Available: <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/CITECONF/ggonzales.pdf>. [Último acceso: 11 mayo 2018].
- [8] R. VINCES GUILLÉN y J. POGGI DÁVILA, «APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS FORESTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS DE BIOMASA LEÑOSA TORREFACTADA,» junio 2014. [En línea]. Available:

<http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/download/12/14>. [Último acceso: 11 mayo 2018].

- [9] O. d. I. N. U. p. I. A. y. I. Agricultura, «DATOS Y CIFRAS GLOBALES DE PRODUCTOS FORESTALES,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/I7034ES/i7034es.pdf>. [Último acceso: 18 05 2018].
- [10] A. M. Rojas Valdivia, Pre factibilidad Técnica y Económica para la Instalación de una Planta de Pellets para Combustibles a partir de Desechos de Madera, Santiago, 2004, p. 128.
- [11] m. y. a. Confederacion estatal de construccion, «ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS MEDIOAMBIENTALES Y DE LA SALUD EN LA MANIPULACIÓN Y TRANSFORMACIÓN.,» [En línea]. Available: [https://infomadera.net/uploads/descargas/archivo\\_43\\_Riesgos%20medioambientales%20y%20de%20la%20salud%20en%20la%20manipulaci%C3%B3n%20y%20transformaci%C3%B3n%20de%20la%20madera.pdf](https://infomadera.net/uploads/descargas/archivo_43_Riesgos%20medioambientales%20y%20de%20la%20salud%20en%20la%20manipulaci%C3%B3n%20y%20transformaci%C3%B3n%20de%20la%20madera.pdf). [Último acceso: 19 06 2018].
- [12] J. P. Nojek Barbieri, «PELLETS DE MADERA: UNA FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE,» 2009. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Valeria.002/Downloads/TESIS%20PELETS%20DE%20MADERA.ENERGIA%20RENOVABLE.pdf>. [Último acceso: 25 05 2018].
- [13] J. L. Ordoñez Jimenez, «Pellets: Energía Limpia con Buen Futuro,» 2010.
- [14] A. A. Chang Chumpen y T. A. Del Águila Vela, Estudio de Factibilidad para la Fabricación de Pellets de Madera a partir de un Subproducto de la Industria Maderera Peruana, Lima, 2013, p. 195.
- [15] A. Gonzales Hassig, C. García ubaque y T. R. Gabriel, «Estudio de planta Piloto para peletizacion de residuos madereros y su utilización como combustible de hornos ladrilleros,» agosto 2013. [En línea]. [Último acceso: 19 junio 2018].
- [16] M. E. García Alama, Diseño de Proceso y Planta Piloto para Fabricación de Briquetas de aserrín, Piura, 2014, p. 119.
- [17] R. D. CANASTERO RÍOS, «APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA MADERA Y SU POSIBLE REUTILIZACIÓN EN FABRICACIÓN DE BIOMASA GENERADA EN BOGOTÁ,» 2014. [En línea]. Available: <http://udistrital.edu.co:8080/documents/138588/2869739/PROYECTO+FINAL.pdf>. [Último acceso: 20 02 2018].
- [18] U. Malisius, «Wood Pellets in Europe. Industrial Network on Wood Pellets, » 2000. [En línea]. Available: [http://ee-waerme-info.iner.de/images/9/9d/Wood\\_pellets\\_in\\_Europe.pdf](http://ee-waerme-info.iner.de/images/9/9d/Wood_pellets_in_Europe.pdf). [Último acceso: 05 octubre 2016].
- [19] S. Maderas Doñana, «Usos del pellet como combustible,» Maderas Doñana - Produccion de Pellets, 2017. [En línea]. Available: <http://www.ventapellets madera.es/pellets-de-madera-de-pino/usos-del-pellet-como-combustible/>. [Último acceso: 20 02 2018].

- [20] J. Vicente Vargas, «Estudio de la influencia del porcentaje de arcilla en la calidad de las briquetas de hojas de caña de azúcar mediante ensayos físicos y térmicos.,» enero 2017. [En línea]. [Último acceso: 18 junio 2018].
- [21] R. Carrión M. y J. Solano C., «La Industria Maderera en el Perú,» de Industrial Data, 2002.
- [22] «Significados,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/>. [Último acceso: 23 noviembre 2016].
- [23] M. N. Gerardo Soto, «FABRICACION DE PELLETS DE CARBONILLA, USANDO ASERRIN DE Pinus radiata (D. Don), COMO MATERIAL AGLOMERANTE,» Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales., Talca, Chile., 2008.
- [24] E. B. Association, «Pellets for small-scale domestic, » 2007. [En línea]. Available: [http://www.aebiom.org/wp-content/uploads/file/Publications/Pellets\\_small\\_scale\\_heat.pdf](http://www.aebiom.org/wp-content/uploads/file/Publications/Pellets_small_scale_heat.pdf). [Último acceso: 05 Octubre 2016].
- [25] O. D. L. N. U. P. L. A. Y. AGRICULTURA, «Estadísticas de productos forestales,» 19 enero 2019. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/>. [Último acceso: 21 07 2019].
- [26] J. Escobar, «Biomasa lignocelulósica en Brasil,» 2009. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4143602>. [Último acceso: 28 01 2018].
- [27] C. Dra. Segura, Produccion de Pellets en Chile y Tecnologías de Combustión.
- [28] T. A. Mazzuchelli, «TRATAMIENTOS DE RESIDUOS FORESTALES,» 05 2013. [En línea]. Available: <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/3977/Mazzuchelli.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [29] PROINCO, «QUÉ ES EL PELLET: DEFINICIÓN Y VENTAJAS,» 2016. [En línea]. Available: <http://blog.proinco.es/el-pellet-definicion-ventajas/>. [Último acceso: 01 diciembre 2016].
- [30] C. A. Guerrero Fajardo, «Producción y uso de pellets de biomasa para la Generación de Energía Térmica,» Colombia, 2012.
- [31] E. P. Council, «Requisitos de la Calidad de Los Pellets,» agosto 2015. [En línea]. Available: [http://www.enplus-pellets.eu/wp-content/uploads/2015/07/ENplusHandbook\\_part3\\_V3.0\\_PelletQuality\\_ES.pdf](http://www.enplus-pellets.eu/wp-content/uploads/2015/07/ENplusHandbook_part3_V3.0_PelletQuality_ES.pdf). [Último acceso: 11 mayo 2018].
- [32] I. N. d. T. Industrial, «Pellets de madera para usos energéticos,» enero 2008. [En línea]. Available: <https://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc60/inti9.php>. [Último acceso: 15 febrero 2018].

- [33] I. P. E. d. N. h. 2020, «Combustibles de biomasa,» 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/45C7C274-B3F4-4C91-B8B9-23259B8F5B39/0/201501Combustiblesdebiomasa.pdf>. [Último acceso: 15 02 2018].
- [34] A. G. Maraver, «Google Books: BIOMASS PELLETIZATION, » 2015. [En línea]. Available: [https://books.google.com.pe/books?id=Mn\\_6CAAAQBAJ&pg=PA27&lpg=PA27&dq=CTI+R04/05&source=bl&ots=yI3\\_b0vbgB&sig=uZGT3c6OM32crnXXYVBZKv88RGQ&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjpp8ne2LXbAhVEi5AKHQBSD\\_AQ6AEILzAB#v=onepage&q=CTI%20R04%2F05&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Mn_6CAAAQBAJ&pg=PA27&lpg=PA27&dq=CTI+R04/05&source=bl&ots=yI3_b0vbgB&sig=uZGT3c6OM32crnXXYVBZKv88RGQ&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjpp8ne2LXbAhVEi5AKHQBSD_AQ6AEILzAB#v=onepage&q=CTI%20R04%2F05&f=false). [Último acceso: 28 05 2018].
- [35] ECOFRICALIA, «ECOFRICALIA,» ECOFRICALIA, [En línea]. Available: <http://www.peletizadoras.net/es/peletizadoras-industriales/smartec/planta-peletizadora-media-plt-400800-smartec.html>. [Último acceso: 18 10 2017].
- [36] D. I. D. L. G. M. I. M. F. S. Mg. Ing. Ana Cristina Deiana, «Balance de masa,» Departamento de Ingeniería Química – FI – UNSJ, 2018.
- [37] SODIMAC, «SODIMAC,» [En línea]. Available: <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/>. [Último acceso: 27 08 2019].
- [38] T. BIOMASA, «TIENDA BIOMASA,» [En línea]. Available: <https://tiendabiomasa.com/saco-pellets-enplusa1-tb.html>. [Último acceso: 27 08 2019].
- [39] M. LIBRE, «MERCADO LIBRE,» [En línea]. Available: [mercadolibre.com.ar/electrodomesticos/climatizacion/pellet#](http://mercadolibre.com.ar/electrodomesticos/climatizacion/pellet#). [Último acceso: 08 07 2019].
- [40] AMAZON.ES, «AMAZON.ES,» [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/pellets-madera/s?k=pellets+de+madera>. [Último acceso: 23 07 2019].
- [41] M. d. I. Á. L. T.-C. y. M. Menton, «Descifrando datos oficiales sobre el consumo de leña en el Perú,» vol. 145, 2016.
- [42] J. G. H. G. Víctor Barrena Arroyo, «Análisis de recursos biomédicos leñosos y de residuos para combustible,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/i1712s/i1712s05.pdf>. [Último acceso: 23 07 2019].
- [43] C. Confederación Española de Empresarios de la Madera, «Soluciones medioambientales en carpintería y mueble,» Interempresas - MADERA, 22 10 2009. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/34939-Soluciones-medioambientales-en-carpinteria-y-mueble.html>. [Último acceso: 20 02 2018].
- [44] Drouin, «Wood Pellets: Green Energy or New Source of CO2 Emissions? » Published at the Yale School of Forestry & Environmental Studies, 22 01 2015. [En línea]. Available: [https://e360.yale.edu/features/wood\\_pellets\\_green\\_energy\\_or\\_new\\_source\\_of\\_co2\\_emissions...](https://e360.yale.edu/features/wood_pellets_green_energy_or_new_source_of_co2_emissions...) [Último acceso: 15 02 2018].

- [45] «EcuRed conocimiento con todos y para todos,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/Aserr%C3%ADn>. [Último acceso: 01 diciembre 2016].
- [46] HS98-134C (2-07), «Peligros y Control del Aserrín,» [En línea]. Available: <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresource/spt5wooddust.pdf>. [Último acceso: 19 06 2018].
- [47] Y. Ordáz, «Instituto Nacional de Ecología,» 1999. [En línea]. Available: [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=133](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=133). [Último acceso: 01 diciembre 2016].
- [48] B. Ruth, «Calidad de los biocombustibles,» 21 11 2008. [En línea]. Available: [http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05\\_Workshops\\_Training\\_Events/Taining\\_materials/spanish/02\\_Fuel\\_Quality.pdf](http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05_Workshops_Training_Events/Taining_materials/spanish/02_Fuel_Quality.pdf). [Último acceso: 02 06 2018].
- [49] C. Maslatón, A. Ladrón Gonzales y A. Miño, «Pellets de madera para usos energéticos,» 2010.
- [50] C. Tello, «Hombres y Mujeres Emprendedores en la Industria del Mueble de madera en Lima Sur,» p. 138, 2011.
- [51] JBSAEZ, «MIESTUFA,» 31 08 2015. [En línea]. Available: <http://www.miestufa.com/blog/como-se-fabrica-y-se-obtiene-el-pellets/>. [Último acceso: 01 06 2018].